

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**



**«Η επίδραση της άρδευσης και της λίπανσης στην παραγωγή
σπόρου ηλίανθου για βιοντίζελ στην Καρδίτσα»**

ΖΩΣΙΜΑΣ ΑΛΕΞΙΟΣ

Πτυχιακή Διατριβή που υποβλήθηκε στο τμήμα Γεωπονίας Φυτικής
Παράγωγης & Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας ως μερική υποχρέωση για τη λήψη πτυχίου του
γεωπόνου.

Βόλος 2011



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 9484/1
Ημερ. Εισ.: 04-04-2011
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2011
ΖΩΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ζωσιμάς Αλέξιος

«Η επίδραση της άρδευσης και της λίπανσης στην παραγωγή
σπόρου ηλίανθου για βιοντίζελ στην Καρδίτσα.»

Εξεταστική Επιτροπή

- Δαναλάτος Ν. Καθηγητής (Επιβλέπων)
 - Δημήτρου Α. Καθηγήτρια
 - Σακελλαρίου Μ. Καθηγήτρια

Βόλος 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	5
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7 – 8
1.1 Ιστορική Εξέλιξη.....	9
1.2 Μορφολογία.....	10
1.3 Φαινολογία.....	11 – 13
1.4 Οικολογία.....	14
1.4.1 Θερμοκρασία, Φως.....	14
1.4.2 Νερό.....	14 – 15
1.4.3 Έδαφος.....	15
1.5 Εισροές.....	15
1.5.1 Άρδευση.....	15 – 16
1.5.2 Λίπανση.....	16 - 17
1.6 Καλλιεργητικές Τεχνικές.....	18
1.7 Σκοπός.....	19
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	20
2.1 Χαρακτηριστικά του εδάφους και περιγραφή της τοποθεσίας.....	20
2.2 Προετοιμασία και σπορά του πειραματικού αγρού.....	20 – 21
2.3 Πειραματικό σχέδιο ηλίανθου.....	21 – 23
2.4 Μεθοδολογία, συλλογή και επεξεργασία δεδομένων.....	24 – 25
2.5 Στατιστική ανάλυση.....	25

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	26
3.1 Κλιματικές συνθήκες.....	26 – 28
3.2 Η επίδραση της άρδευσης και της λίπανσης στην αύξηση και την βιομάζα του φυτού.....	29
3.2.1 Ύψος φυτού.....	29 – 30
3.2.2 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας.....	31 – 32
3.2.3 Ειδική φυλλική επιφάνεια.....	33 – 34
3.2.4 Συνολική χλωρή βιομάζα.....	35 – 36
3.2.5 Συνολική ξηρή βιομάζα.....	36 – 37
3.2.6 Παραγωγή σπόρου.....	38 – 39
3.2.7 Δείκτης συγκομιδής.....	39 – 41
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	42
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	43 – 44
6. Παραρτήματα.....	45 – 69

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου διατριβής κ. Ν. Γ. Δαναλάτο για την επιλογή του θέματος, τις πολύτιμες συμβουλές κατά την εκτέλεση των πειραμάτων και για τις διαφωτιστικές υποδείξεις και διορθώσεις στη συγγραφή του κειμένου της διατριβής.

Οφείλω ακόμα να ευχαριστήσω τους καθηγητές ~~Δαναλάτο Ν. Γ.~~ ~~Μήτσο Α.~~ ~~Ζουκλέρο Α.~~ για τη συμμετοχή τους στη τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Ιδιαίτερες και θερμές ευχαριστίες οφείλω στον Υπ. Διδάκτορα Αρχοντούλη Σωτήρη (Wageningen University) για τη βοήθεια και τις χρήσιμες υποδείξεις που μου πρόσφερε κατά την εκτέλεση των πειραμάτων και τη συγγραφή του κειμένου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τον αδελφό μου για τη διαρκή στήριξη κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αφιερώνεται στους γονείς μου,

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας η οποία οδήγησε σε αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις. Παράλληλα οι φυσικοί πόροι και πιο συγκεκριμένα το πετρέλαιο έχουν αρχίσει να μειώνονται δραστικά. Κατά συνέπεια η έρευνα για εναλλακτικές μορφές ενέργειας είναι πλέον απαραίτητη. Η εισαγωγή νέων ειδών στη γεωργία θα οδηγήσει σε βελτίωση των βιολογικών και περιβαλλοντικών συνθηκών των εδαφών, του νερού, της βλάστησης και της τοπογραφίας. Αυτό θα μπορούσε να γίνει με αύξηση της βιοποικιλότητας και αντικατάσταση των παρόντων συστημάτων μονοκαλλιέργειας.

Επιθυμητά χαρακτηριστικά των ενεργειακών καλλιεργειών περιλαμβάνουν (Bassam, 1998):

- αποτελεσματική μετατροπή του ηλιακού φωτός σε φυτικό υλικό (βιοκαύσιμο)
- αποτελεσματική χρήση ύδατος, γιατί η υγρασία είναι ένας από τους πρωταρχικούς παράγοντες που περιορίζουν την παραγωγή βιομάζας στα περισσότερα μέρη του κόσμου
- ανάσχεση του ηλιακού φωτός όσο γίνεται περισσότερο κατά τη διάρκεια της εποχής ανάπτυξης
- ελάχιστες δυνατές εξωτερικές εισροές στους κύκλους παραγωγής και συγκομιδής (σπορά, λίπανση, μηχανικές λειτουργίες, ξήρανση συγκομιδής), π.χ. φυτικά είδη χαμηλών εισροών
- ένα αειφορικό ενεργειακό ισοζύγιο, π.χ. θετικό ενεργειακό ισοζύγιο
- υψηλά περιεχόμενα σε ξηρά ουσία το χρόνο της συγκομιδής
- υψηλή πυκνότητα ενέργειας (εκφρασμένη σε MJ/Kg κλπ.), π.χ. πλούσια σε έλαια, σάκχαρα, άμυλο, λιγνοκυτταρίνη, κλπ.
- Η παραγωγή και χρήση τους να έχει τις λιγότερες πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Για την επιτυχή εγκατάσταση μιας καλλιέργειας σε μια περιοχή, πρέπει να υπάρχουν οι παρακάτω προϋποθέσεις (Bassam, 1998):

- καταλληλότητα στις συγκεκριμένες εδαφοκλιματικές συνθήκες.
- ευκολία εισαγωγής στις προϋπάρχουσες εναλλαγές καλλιεργειών.
- ομοιόμορφα και συνεχή επίπεδα αποδόσεων, όσον αφορά στην ποσότητα και στην ποιότητα.
- ανταγωνιστικό εισόδημα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές καλλιέργειες.
- θετικό ισοζύγιο ενέργειας όσον αφορά στο λόγο (εκροές / εισροές) και ιδιαίτερα το καθαρό κέρδος (εκροές - εισροές).
- καλλιεργητικές τεχνικές σε αρμονία με την έννοια της αειφορικής γεωργίας.
- αντίσταση σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες που δημιουργούν αντιξοότητες.
- διαθεσιμότητα γενετικών πηγών (σπέρματα, ριζώματα) που είναι κατάλληλα για διαφορετικές περιοχές.
- κατάλληλα μηχανήματα (ιδιαίτερα για τη συγκομιδή) που ταιριάζουν στην καλλιέργεια ή χρησιμοποιήσιμα μετά από ελαφρές αλλαγές.

Η “ιδανική” ενεργειακή καλλιέργεια εξαρτάται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες τις κάθε περιοχής (χώρας). Υπό Ελληνικές συνθήκες, έχει βρεθεί ότι ο μίσχανθος (Danalatos et al., 2007), η αγριοαγκινάρα (Danalatos, 2008; Archontoulis et al., 2010 a,b), το σόργο (Danalatos et al., 2008, 2009; Archontoulis et al., 2010) και ο ηλίανθος (Danalatos et al., 2004, 2005; Archontoulis et al., 2007) προσαρμόζονται άριστα στις ελληνικές συνθήκες και αποδίδουν πολύ καλές παραγωγές στην κεντρική Ελλάδα. Μεταξύ αυτών, μόνο ο ηλίανθος προορίζεται αποκλειστικά για την παραγωγή υγρού καυσίμου, και η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται σε αυτό το φυτό.

1.1. Ιστορική Εξέλιξη

Ο ηλίανθος πρωτοχρησιμοποιήθηκε ως τροφή από τους Ινδιάνους στην Αμερική. Αργότερα διαδόθηκε ως ζιζάνιο στα χωράφια των κεντρικών πολιτειών των ΗΠΑ και κατόπιν εξημερώθηκε. Ο καλλιεργούμενος ηλίανθος γνωστός και ως ήλιος ή ηλιοτρόπιο και ανήκει στην οικογένεια Asteraceae ενώ το είδος *Helianthus annuus* L. είναι το κύριο είδος καλλιεργούμενου ηλίανθου. Στην Ευρώπη ο ηλίανθος μεταφέρθηκε από τους Ισπανούς το 1550, ενώ από το 1780 άρχισε να καλλιεργείται στην Ρωσία, όπου και επεκτάθηκε σημαντικά. Από το 1769 άρχισε και η δημιουργία των πρώτων υβριδίων ηλίανθου αυξάνοντας την απόδοση, την σταθερότητα στην παραγωγή, την ομοιομορφία του αργού και την αντοχή στις ασθένειες. Σήμερα ο ηλίανθος καλλιεργείται σε μεγάλη έκταση στις χώρες της ανατολικής Ευρώπης, την Ισπανία, την Αργεντινή κλπ (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Στην Ελλάδα η καλλιέργεια του ηλίανθου συγκεντρώνεται κυρίως στο βορειοανατολικό μέρος της χώρας. Καλλιεργούνται κυρίως ως πηγή φυτικού ελαίου διατροφής ενώ μετά το 2005 για την παραγωγή βιοντίζελ. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ-27) είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ (1.504.000 τόνοι το 2003) σε παγκόσμιο επίπεδο, (Biofuels Barometer-June 2004, EUROBSERVER)

Σύμφωνα με τον FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε στα 24,2 εκατ. τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε 195 εκατ. στρέμματα. Από αυτό, περισσότερα από 100 εκατ. στρέμματα καλλιεργήθηκαν στην Ευρώπη και 1,7 εκατ. στην Ιταλία (0,17 εκατ. στρέμματα στην Ελλάδα) (FAOSTAT, 2004). Στην Ισπανία καλλιεργούνται πάνω από 6 εκατομμύρια στρέμματα και η παραγωγή ανέρχεται στους 743.000 κιλά (FAOSTAT, 2007). Στην Τούρκια με πάνω από 5 εκατομμύρια στρέμματα παράγουν πάνω από ένα εκατομμύριο τόνους έχοντας και υψηλό μέσο όρο παραγωγής που ξεπερνά τα 200 κιλά το στρέμμα (FAOSTAT, 2007). Οι επίσημοι οργανισμοί δείχνουν ότι στην Ελλάδα καλλιεργούμε μια έκταση 150.000 στρεμμάτων και παράγουμε 19.000 τόνους δηλαδή μια μέση παραγωγή 127kg/στρ (FAOSTAT, 2007).

1.2. Μορφολογία

Ο ηλίανθος ξεχωρίζει από το μοναδικό στέλεχός του και κυρίως από την μεγάλη του ταξιανθία (κεφαλή διαμέτρου έως και 40 εκατοστά). Το φυτό έχει βαθύ ριζικό σύστημα, όπου η κεντρική ρίζα του μπορεί να φτάσει σε μήκος το διπλάσιο του ύψους του στελέχους. Οι πλευρικές ρίζες έχουν μήκος περί τα 50 - 100 εκατοστά και αναπτύσσονται σε βάθος περίπου 30 εκατοστών (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Το ύψος του στελέχους κυμαίνεται από 80 έως 230 cm, οι δε ποικιλίες για πασατέμπο φτάνουν και 4 m σε ύψος. Οι στήμονες έχουν ύψος 0,7-3,5 m, δασύτριχοι. Τα φύλλα παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα ως προς το μέγεθος, το σχήμα, το πάχος και την ύπαρξη τριχιδίων στην επιφάνεια των φύλλων. Συνήθως είναι πλατιά, ωοειδή, οξύληκτα, ενώ τα κατώτερα φύλλα έχουν σχήμα καρδιάς. Ο αριθμός τους κυμαίνεται από 20 – 30 φύλλα/φυτό (Danalatos et al., 2004, 2005; Archontoulis et al., 2007). Χαρακτηριστικό γνώρισμα του ηλίανθου είναι ο ηλιοτροπισμός που εκδηλώνεται στα φύλλα και τις ταξιανθίες. Το πρωί οι αναπτυσσόμενες ταξιανθίες στρέφονται προς την ανατολή, κατόπιν ακολουθούν την πορεία του ήλιου, με μια μικρή καθυστέρηση. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται μόνο στα νεαρά φύλλα και στις ταξιανθίες μέχρι το τέλος της άνθησης. Ο ηλιοτροπισμός συντελεί στην αύξηση της φωτοσύνθεσης στην μονάδα του χρόνου (10 – 30% ανάλογα με την κατανομή των φύλλων) (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Ο σπόρος του ηλίανθου έχει συνήθως χρώμα μαύρο έως γκριζο, το δε βάρος 1000 σπόρων ποικίλει από 40 – 90 γραμμάρια. Το σχήμα μπορεί να είναι επιμήκες, ωοειδές και η διατομή του από στενόμακρη έως στρογγυλή (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Οι ηλίανθοι του εμπορίου (υβρίδια) έχουν άνθη αυτογονιμοποιούμενα, δηλ. δεν χρειάζονται έντομο για τη γονιμοποίηση. Τα υβρίδια αντικατέστησαν τις ποικιλίες ελεύθερης γονιμοποίησης γιατί παρέχουν αυξημένη παραγωγή, αντίσταση στα ζιζάνια, ομοιομορφία, ποιότητα μίσχου και αυτοσυμβατότητα. Ο καρπός είναι αχαίνιο (καρπός με περικάρπιο) σε διάφορα μεγέθη, συνήθως με μήκος 1-1,5 εκ., έγχρωμος ή ριγωτός (Τσαλίκης, 2010).

1.3. Φαινολογία

Η ανάπτυξη του φυτού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως κλιματικούς (κυρίως θερμοκρασία), γονοτυπικούς και καλλιεργητικούς (εποχή σποράς). Κατά μέσο όρο απαιτούνται 6 – 10 ημέρες από την σπορά μέχρι το φύτευμα, 30 – 40 ημέρες από το φύτευμα έως την εμφάνιση της ταξιανθίας, 20 – 30 ημέρες από την εμφάνιση της ταξιανθίας έως την έναρξη της ανθοφορίας, 7 – 12 ημέρες από την έναρξη έως την λήξη της ανθοφορίας και τέλος άλλες 30 ημέρες από την λήξη της ανθοφορίας έως την φυσιολογική ωρίμανση. Κατά την φυσιολογική ωρίμανση το πίσω μέρος των ταξιανθιών αποκτά χρώμα καστανό-κίτρινο, με υγρασία περί το 60 – 70%, οι δε σπόροι έχουν υγρασία 30 – 40%. Σε αυτό το στάδιο οι σπόροι έχουν την μέγιστη τιμή σε ξηρό βάρος και την μέγιστη περιεκτικότητα σε λάδι και αναλογία λινεαικού οξέως (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Η φαινολογία του ηλίανθου σύμφωνα με το διεθνές σύστημα «BBCH phenological growth stages» κατατάσσεται σε 9 κατηγορίες (Meier, 2001):

Στάδιο 00–09: Βλάστηση σπόρου (ξεκινά από τη σπορά και ολοκληρώνεται στο στάδιο της κοτυληδόνας)

Στάδιο 10–19: Δημιουργία φύλλων (ολοκληρώνεται με την έκφυση 9 ή περισσότερων φύλλων στο στέλεχος)

Στάδιο 30-39: Επιμήκυνση στελέχους (ολοκληρώνεται με τη δημιουργία τουλάχιστον 9 μεσογονάτιων διαστημάτων)

Στάδιο 50-59: Δημιουργία ταξιανθίας (ολοκληρώνεται με την εμφάνιση κίτρινων ανθέων στην κλειστή ταξιανθία)

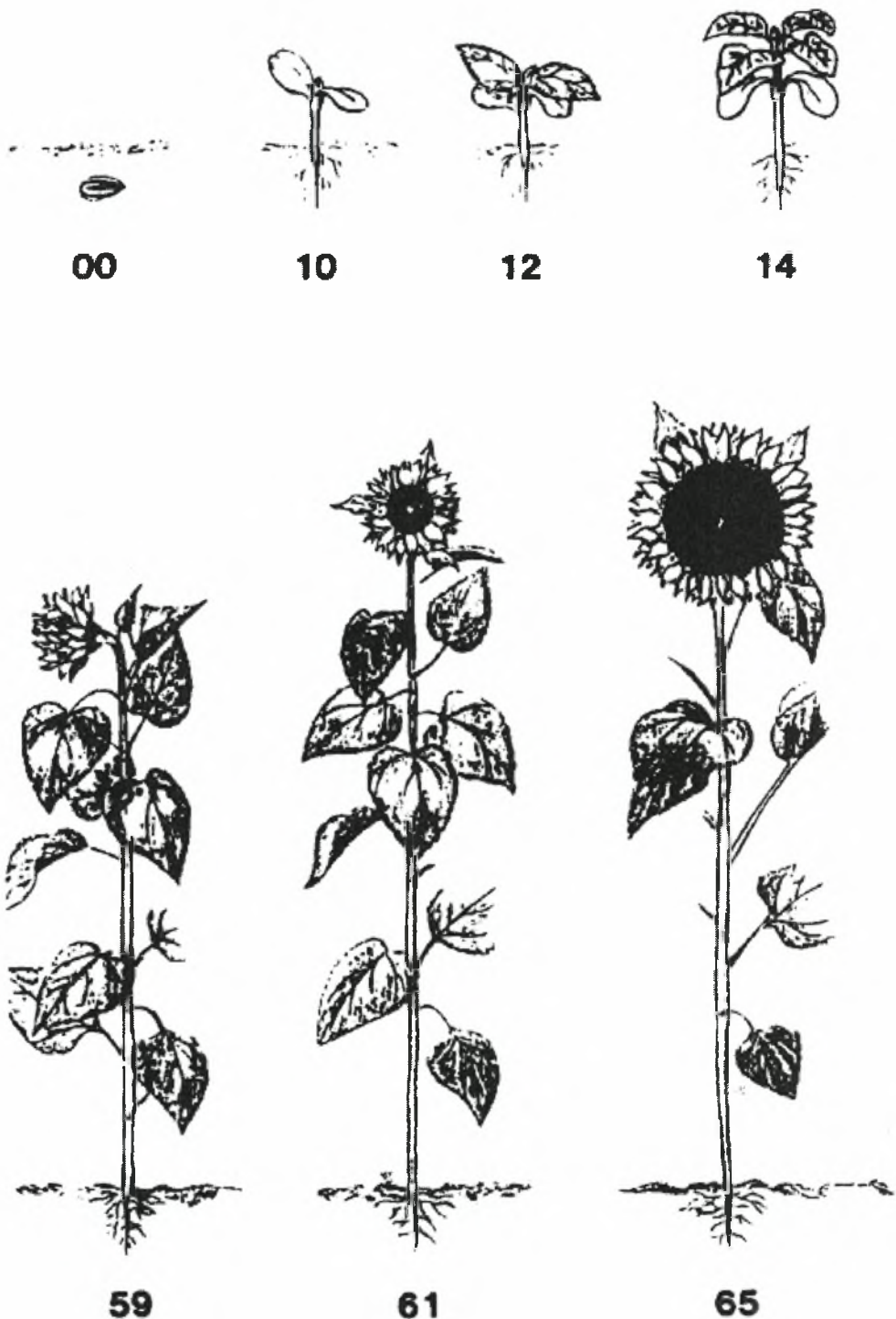
Στάδιο 60-69: Ανθοφορία (ολοκληρώνεται με την πτώση των περιφερειακών κίτρινων ανθέων της ταξιανθίας)

Στάδιο 70-79: Γέμισμα σπόρου (ολοκληρώνεται όταν το 75% των σπόρων έχουν φθάσει στο τελικό τους μέγεθος)

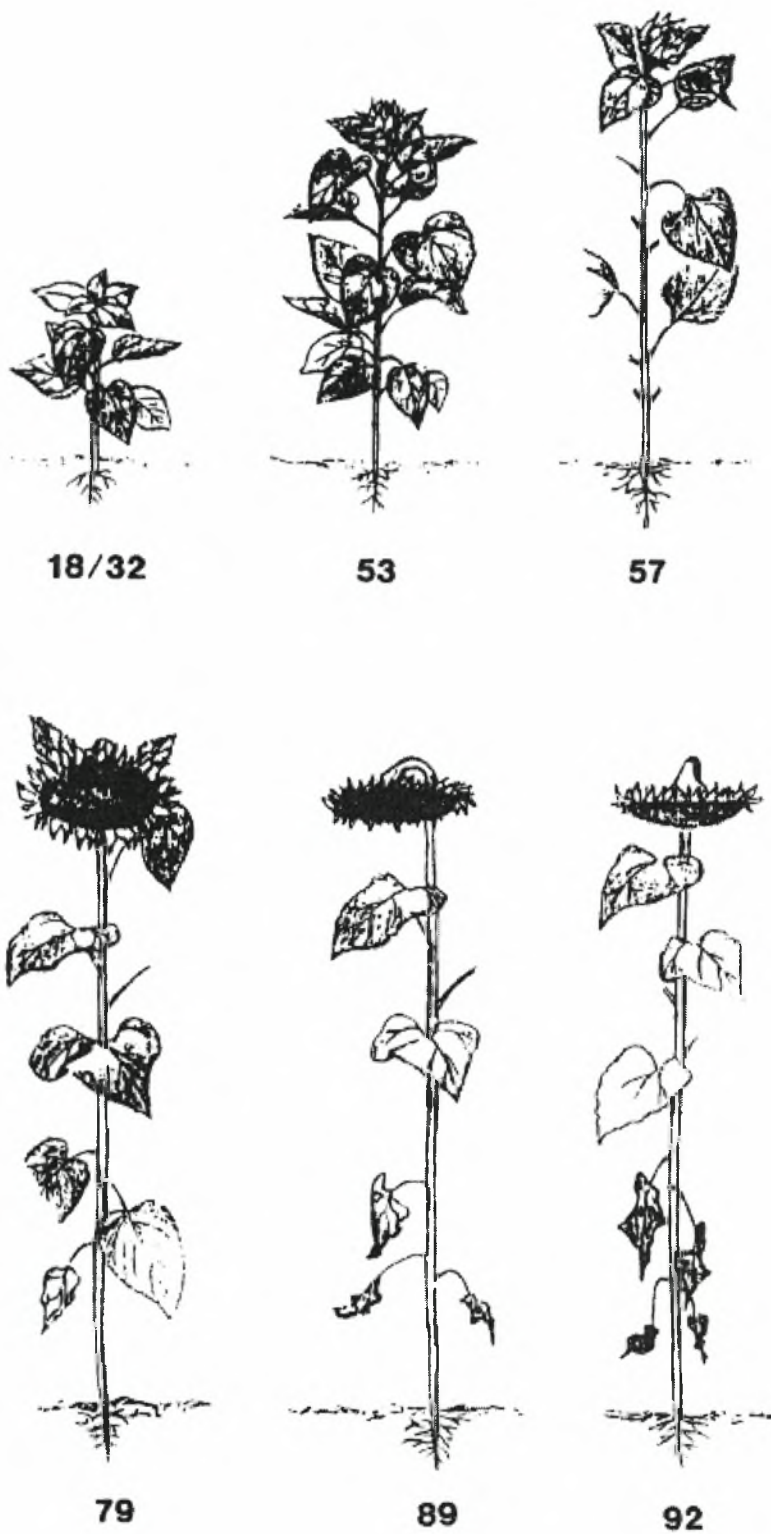
Στάδιο 80-89: Ωρίμανση σπόρου (ολοκληρώνεται όταν το πίσω μέρος της ταξιανθίας έχει καστανό χρώμα. Υγρασία σπόρων 20%)

Στάδιο 90-99: Συγκομιδή προϊόντος

Sunflower



Sunflower



Εικονα 1. Τα σταδια αναπτυξης του ηλιανθου σύμφωνα με το σύστημα BBCH.

1.4. Οικολογία

1.4.1. Θερμοκρασία, Φως

Η βασική θερμοκρασία ανάπτυξης του ηλίανθου ποικίλει αναλόγως του γενοτύπου από 4 έως 8°C. Με βάση τις κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας, η σπορά του ηλίανθου μπορεί να αρχίσει από τις αρχές Μαρτίου, εφόσον η θερμοκρασία έχει σταθεροποιηθεί σε επίπεδα πάνω από την βασική θερμοκρασία. Οι σπόροι βλαστάνουν σε θερμοκρασίες 4°C, ενώ σε θερμοκρασίες αέρος 15°C έχουμε το ταχύτερο φύτρωμα (3 – 4 ημέρες). Η βέλτιστη θερμοκρασία ημέρας για την ανάπτυξη του φυτού είναι 25 – 33°C. Σε χαμηλότερα επίπεδα θερμοκρασιών (20°C) η ανάπτυξη του φυτού επιμηκύνεται, ενώ σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (>35°C), η ανάπτυξη επιταχύνεται με αναπόφευκτη τη μείωση της απόδοσης (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Σημαντική επίδραση στην παραγωγικότητα του ηλίανθου έχουν και οι θερμοκρασίες της νύχτας, καθώς σε υψηλές νυχτερινές θερμοκρασίες (>25°C) η αναπνοή αυξάνεται δραματικά με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής. Συνοψίζοντας, υψηλές αποδόσεις ηλίανθου επιτυγχάνονται κάτω από θερμοκρασίες ημέρας 25 – 30°C και νύκτας 15 – 20°C. Σε εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας >550 W/m² ο ηλίανθος δεσμεύει από την ατμόσφαιρα περί τα 5.5 κιλά διοξειδίου του άνθρακα ανά στρέμμα φύλλου ανά ώρα, ρυθμός πολύ υψηλός για ένα C3 φυτό. Οι άριστες θερμοκρασίες για τη φωτοσύνθεση είναι περί τους 30°C. Ο ηλίανθος δεν αντιδρά συνήθως στο φωτοπεριοδισμό (ουδέτερο φυτό), διότι ανθίζει σε μεγάλο μήκος ημέρας (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.4.2. Νερό

Ο ηλίανθος έχει χαμηλή ικανότητα χρήσης του νερού σε σχέση με άλλα φυτά. (π.χ. σιτάρι, αγριαγκινάρα, σόργο, Danalatos et al 2009). Ο ηλίανθος δεν είναι πολύ ανθεκτικός στην ξηρασία παρά το εκτεταμένο ριζικό του σύστημα. Η ξηρασία προκαλεί μαρανση και πτώση των φύλλων και έχει άμεση επίδραση στην μείωση της φωτοσύνθεσης και αυτό έχει ως συνέπεια μείωση της παραγωγής. Η κρίσιμη περίοδος για επάρκεια υγρασίας στον αγρό είναι περίπου 20 ημέρες πριν έως 20 ημέρες μετά την ανθοφορία. Έλλειψη υγρασίας αυτήν την περίοδο αποφέρει μείωση παραγωγής έως και 70%. Σε σύγκριση με άλλες εαρινές καλλιέργειες, οι απαιτήσεις του ηλίανθου σε νερό κυμαίνονται περίπου στο 50% των αναγκών του καλαμποκιού (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.4.3. Έδαφος

Προσαρμόζεται ικανοποιητικά σε διάφορα είδη εδαφών, με pH από 5,6 - 8,2, ενώ το άριστο βρίσκεται μεταξύ 6 και 7,2. Σε αλατούχα εδάφη ο ηλιάνθος θεωρείται καλό προηγούμενο για τις καλλιέργειες που ακολουθούν, γιατί ιδιαίτερα σε αρδευόμενα εδάφη, μετακινεί τα άλατα σε βαθύτερα στρώματα (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.5. Εισροές

1.5.1. Αρδευση

Στην βόρειο Ελλάδα ο ηλιάνθος συνήθως καλλιεργείται σε μη αρδευόμενους αγρούς κάνοντας χρήση των ανοιξιάτικων βροχοπτώσεων. Με άρδευση οι αποδόσεις αυξάνονται θεαματικά (από 60 – 90κιά/στρ σε 250 – 350κιά/στρ, Giannoulis et al 2008). Σε περίπτωση άρδευσης έχουμε καλύτερη αποτελεσματικότητα χρήσης λιπασμάτων. Η ποσότητα του αρδευτικού νερού είναι συνιστάμενη της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας, που καθορίζεται από τους κλιματικούς παράγοντες της κάθε περιοχής. Ανάλογα την περιοχή ο ηλιάνθος απαιτεί 3 – 5 ποτίσματα κατά την διάρκεια της ανθοφορίας, από τον σχηματισμό της ταξιανθίας έως την πτώση των περιφερειακών κίτρινων ανθέων και το καμπούριασμα της κεφαλής. Η ποσότητα του αρδευτικού νερού κυμαίνεται από 200 – 450mm αναλόγως του εδάφους – κλιματικών συνθηκών, την εποχή σποράς και την ποικιλία (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Ο ηλιάνθος θεωρείται ως μια εναλλακτική καλλιέργεια για πολλές περιοχές της Μεσογείου με απόδοση που κυμαίνεται ανάλογα με το έδαφος και τις κλιματικές συνθήκες (Chapman et al., 1993). Ο Meyer et al. (1999) ανέφερε ότι η κατανάλωση νερού (άρδευση) από τον ηλιάνθο μπορεί να κυμανθεί από 200 έως 900 mm ανά καλλιεργητική περίοδο, ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος, το έδαφος, τις κλιματικές συνθήκες, την περίοδο σποράς και τη διαχείριση (Karam et al 2007, Dabaeke et al 1998, Gajri et al 1997). Ωστόσο, ανέφερε ότι η συνολική εποχιακή χρήση του νερού μπορεί να είναι μικρότερη, αν λάβουμε υπόψη τις ημερομηνίες φύτευσης, τη συντόμευση του χρόνου μέχρι τη λήξη τους και την αυξημένη ποσότητα του νερού που αποθηκεύεται στο υπέδαφος από τις

βροχοπτώσεις. Ο ηλίανθος έχει ένα μέσο βάθος ριζοστρώματος 50cm που ποικίλλει ανάλογα με τις μεταχειρίσεις (π.χ. σύστημα οργώματος, Gajri et.al. 1997). Οι περιοχές της Μεσογείου χαρακτηρίζονται από ήπιες θερμοκρασίες και υψηλή διαθεσιμότητα σε νερό νωρίς στη σεζόν, αλλά αργότερα και ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω των μεγαλύτερων θερμοκρασιών και των ελάχιστων βροχοπτώσεων η εφαρμογή άρδευσης φαίνεται αναπόφευκτη (Soriano et al., 2004). Προκειμένου να επιτευχθούν οι υψηλές αποδόσεις σε σπόρο, ο ηλίανθος θα πρέπει να αρδεύεται τουλάχιστον τρεις φορές κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (Goskoy et al., 2004). Οι Danalatos et al. (2004) έδειξαν ότι οι αποδόσεις των σπόρων ηλίανθου άνω των 4,5 t ha⁻¹ είναι εφικτή μόνο αν γίνει συμπληρωματική άρδευση σε γόνιμα εδάφη ακόμη και χωρίς εφαρμογής λιπασμάτων.

1.5.2. Λίπανση

Στην Ελλάδα ο ηλίανθος καταλαμβάνει 26,000 εκτάρια συνολική με μέση απόδοση σπόρου περίπου 1500 kg ha⁻¹ (Kallivroussis et al., 2002). Η αύξηση παραγωγής σπόρων στην Ελλάδα είναι υψίστης σημασίας δεδομένου ότι σύμφωνα με τον Κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2,5% της κατανάλωσης καυσίμων για τις μεταφορές της χώρας πρέπει να καλύπτονται από μη ορυκτές πηγές μέχρι το 2006 και 5% μέχρι το 2010. Σε μια πρόσφατη έρευνα που πραγματοποίησε ο κ. Δαναλάτος et al. (2004) έδειξε ότι η απόδοση σπόρων που υπερβαίνει τους 4,5 τόνους / εκτάριο είναι δυνατόν μόνο με συμπληρωματική άρδευση και λίπανση σε γόνιμα εδάφη με αρκετή υγρασία.

Το άζωτο αποτελεί δομικής σημασίας θρεπτικό στοιχείο και η έλλειψη του μειώνει πολύ την απόδοση του ηλίανθου. Το ίδιο σημαντικό εξίσου είναι και ο φώσφορος ο οποίος επιδρά αποτελεσματικά στην αύξηση της περιεκτικότητας του ηλιελαίου.

Μελέτες έχουν δείξει ότι η βέλτιστη ποσότητα N-λίπανσης κυμαίνεται από 4 – 19 μονάδες N/στρ. ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, την διαθεσιμότητα του νερού και την γονιμότητα του εδάφους (Glas, 1998, Sirbu et al., 1992, Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Το έδαφος μπορεί να προσφέρει στην καλλιέργεια ένα μέρος των απαραίτητων θρεπτικών ουσιών (π.χ. 3–7 μονάδες αζώτου, ανάλογα το έδαφος). Το

υπόλοιπο ποσοστό λίπανσης θα πρέπει να συμπληρωθεί από τον παραγωγό. Η τοποθέτηση των λιπασμάτων μπορεί να γίνει πριν τη σπορά με τη χρήση ενός λιπασματοδιανομέα, κατά την προετοιμασία του αγρού, αλλά μπορεί να γίνει και ταυτόχρονα με την σπορά με την τοποθέτηση των λιπασμάτων γραμμικά δίπλα στο σπόρο (σε απόσταση 10–20 εκατοστά).

Είναι κοινός γνωστό ότι από 300 κιλά/στρ. συγκομισμένου ηλιόσπορου αφαιρούνται από τον αγρό περί τα 10,5kg N, 1,3kg P, 2,2kg K (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Για μεγαλύτερες αποδόσεις η απορρόφηση θρεπτικών αυξάνεται. Η απορρόφηση των θρεπτικών από το φυτό μεγιστοποιείται λίγο πριν έως και λίγο μετά την περίοδο της ανθοφορίας (απαιτεί τριπλάσιες ανάγκες σε θρεπτικά από ότι η βλαστική περίοδος). Εφαρμογή λιπασμάτων μπορεί να γίνει και από το φύλλωμα, αλλά η μέθοδος αυτή δεν συστήνεται για τα μικροστοιχεία (NPK) λόγω του μεγάλου κόστους.

1.6. Καλλιεργητικές τεχνικές

Η απόδοση του ηλιάνθου είναι συνισταμένη τριών παραγόντων: α) του αριθμού των φυτών ή των ταξιανθιών, β) του αριθμού των σπόρων ανα ταξιανθία και τέλος γ) του βάρους του σπόρου (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Σε αραιές φυτείες (3 – 4 φυτά/m²) ο ηλιάνθος εξισορροπεί το μικρό αριθμό των ταξιανθιών με αύξηση του αριθμού και του βάρους των σπόρων, ενώ συμβαίνει το αντίθετο σε πυκνές φυτείες (6 – 7 φυτά/m²). Έτσι η απόδοση παραμένει σταθερή για ένα εύρος πυκνοτήτων. Σε γόνιμα, επαρκώς αρδευόμενα χωράφια, η πυκνότητα θα πρέπει να είναι 6,6 – 7,4 φυτά/m² για μεγιστοποίηση των αποδόσεων, ενώ σε μετρίως γόνιμα εδάφη με λιγότερη άρδευση προτιμούνται πληθυσμοί 3 – 5 φυτά/m². Θα πρέπει να αποφεύγονται πληθυσμοί φυτών >8 φυτά/m² διότι τότε παρατηρείται εκτεταμένη βλαστική ανάπτυξη. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών είναι προσαρμοσμένες με το διαθέσιμο μηχανολογικό εξοπλισμό στα 75cm (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Σε χωράφι με κανονική υγρασία το βάθος σποράς πρέπει να είναι 2.5 – 3cm. Ενώ σε χωράφι που έχει χάσει την επιφανειακή υγρασία ή αν επικρατούν έντονοι άνεμοι την περίοδο σποράς, ο ηλιάνθος πρέπει να σπέρνεται βαθύτερα (3 – 6cm). Σπόροι που σπέρνονται σε βάθος 2 – 3cm βλασταίνουν 3 – 4 ημέρες νωρίτερα από αυτούς που σπέρνονται βαθύτερα. Εκτός από την υγρασία του εδάφους, το μεγάλο βάθος σποράς αυξάνει επίσης και την ανομοιομορφία του φυτρώματος με αποτέλεσμα την ανομοιομορφία στην ωρίμανση του σπόρου. Έτσι προτιμότερο είναι να μετακινηθεί η ημέρα σποράς 3 – 5 ημέρες παρά να αυξηθεί το βάθος σποράς. Ο ηλιάνθος πρέπει να σπέρνεται όσο το δυνατόν νωρίτερα (από μέσα Μαρτίου έως τέλη Απριλίου) ανάλογα με την θερμοκρασία του αέρα. Η πρώιμη σπορά είναι καθοριστικής σημασίας, διότι το φυτό μπορεί να κάνει άριστη χρήση των ανοιξιάτικων βροχοπτώσεων και να δίνει καλές αποδόσεις κάτω από ξηροθερμικές συνθήκες, που συνήθως επικρατούν το καλοκαίρι (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Με την πρώιμη σπορά αυξάνονται οι διαθέσιμες ημέρες για αύξηση – ανάπτυξη της καλλιέργειας με θετική συνεισφορά στην αύξηση της απόδοσης (120 – 140 ημέρες). Στις όψιμες σπορές (Μαΐου – Ιουνίου), λόγω των ξηροθερμικών συνθηκών, η περίοδος ανάπτυξης μειώνεται στις 90 – 110 ημέρες, με αρνητικό αντίκτυπο στην τελική παραγωγή.

1.7. Σκοπός

Σκοπός λοιπόν της παρούσας διατριβής είναι να μελετήσει ένα εμπορικό υβρίδιο (Panter) κάτω από ξηρικές και αρδευόμενες συνθήκες σε γόνιμο αγρό με υπόγεια στάθμη νερού στην Δυτική Θεσσαλική Πεδιάδα (Καρδίτσα).

Η επιλογή να μελετηθεί ο ηλίανθος ως ξηρικός έγινε διότι σε προηγούμενα πειράματα στην ίδια περιοχή (Danalatos et al., 2004, 2005, 2006, Archontoulis et al., 2007) η παραγωγή βιομάζας και σπόρου υπό μειωμένη άρδευση (25% της εξατμισοδιαπνοής) δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά με την παραγωγή υπό συνθήκες πλήρους άρδευσης (100% της εξατμισοδιαπνοής). Έτσι λοιπόν η υπόθεση μας ήταν να ερευνήσουμε εάν ο ηλίανθος μπορεί να σταθεί ως μη ποτιστική καλλιέργεια στη Θεσσαλία όπως συμβαίνει στην Βόρεια Ελλάδα. Επίσης λαμβάνοντας υπόψη την υψηλή περιεκτικότητα του ηλιόσπορου σε πρωτεΐνη (23%, Archontoulis et al., 2010), μελετήσαμε την επίδραση τριών επιπέδων αζωτούχου λίπανσης στην παραγωγή σπόρου.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. *Χαρακτηριστικά του εδάφους και περιγραφή της τοποθεσίας*

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Παλαμά Καρδίτσας (δυτική Θεσσαλική πεδιάδα, με συντεταγμένες 39°25' Β και 22°05' Α και υψόμετρο 107 m) την Άνοιξη - Καλοκαίρι 2008. Οι εδαφολογικές αναλύσεις έγιναν στο Ινστιτούτο Εδαφικής Χαρτογράφησης και Κατάταξης, στην Λάρισα. Το υπό μελέτη έδαφος είναι ένα καλώς αποστραγγισμένο, ασβεστούχο (pH= 8-8.2), είναι γόνιμο με κοκκομετρική σύσταση : άμμος 40-42%, ιλύς 40-41%, πηλός 18-19% (αμμοπηλώδες). Σχηματίστηκε από πρόσφατες προσχωματικές αποθέσεις και αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο μέρος της δυτικής πεδιάδας της Θεσσαλίας. Το έδαφος περιέχει στρώμα υπόγεια στάθμη νερού που κυμαίνεται από 150 cm (το Μάιο) μέχρι 400 cm ή βαθύτερα (αργότερα το καλοκαίρι) από την επιφάνεια του εδάφους και ταξινομείται ως Aquic Xerofluvent σύμφωνα με την USDA (1975). Το έδαφος αποστραγγίζεται τεχνητά και έχει περιεκτικότητα σε οργανική ουσία μεγαλύτερη από 1% σε ένα βάθος 50 cm περίπου. Η μεγάλη γονιμότητα που μας προσφέρει το συγκεκριμένο έδαφος σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα σε νερό θα είναι σπουδαία παρακαταθήκη για υψηλή αύξηση και παραγωγικότητας εαρινών καλλιεργειών.

2.2. *Προετοιμασία και σπορά του πειραματικού αγρού*

Η καλλιέργεια σπάρθηκε στις 12 Μαΐου το 2008. Το 50% του φυτρώματος καταγράφηκε στις 18 Μαΐου. Οι αποστάσεις σποράς ήταν 0,75m μεταξύ των γραμμών και 0,113m πάνω στις γραμμές, ενώ το βάθος σποράς κυμάνθηκε στα 2,0 – 2,5cm. Έτσι είχαμε περίπου 6 – 7 φυτά ανά m². Η τελική πυκνότητα φυτών (μετά από αραίωμα) ήταν 6,66 – 7 φυτά/m². Πριν την σπορά στις 2 Μαΐου πραγματοποιήθηκε ζιζανιοκτονία, για την καταστροφή των ζιζανίων του πειραματικού αγρού. Επίσης ο αγρός προετοιμάστηκε καταλλήλως με την χρήση ειδικών μηχανημάτων (δισκοσβάρνα) προκειμένου να επιτευχθεί κατάλληλη σποροκλίνη για σπορά. Στις 5 Μαΐου 2008, λίγες μέρες πριν από την σπορά, πραγματοποιήθηκε βασική λίπανση με προσθήκη 5 μονάδες φώσφορο και 5 μονάδες κάλιο ανά στρέμμα (χημικό λίπασμα 0-20-20). Η αζωτούχος λίπανση εφαρμόστηκε στις 6 Ιουλίου όταν εμφανίστηκαν

αναπτύχθηκαν τα 3 πρώτα ζευγάρια πλήρως εκπτυγμένων φύλλων (stage 13, BBCH).

2.3. *Πειραματικό σχέδιο ηλίανθου*

Το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν να προσδιοριστεί η επίδραση της άρδευσης και της λίπανσης στην παραγωγή σπόρου ηλίανθου για βιοντίζελ στην περιοχή της Καρδίτσας το 2008. Έτσι το πειραματικό σχέδιο ήταν ένα διπαραγοντικό 2×3 πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων με τέσσερις επαναλήψεις, έχοντας 24 πειραματικά τεμάχια συνολικά. Κύριος παράγοντας στο πείραμα ήταν η άρδευση (I) σε δύο επίπεδα:

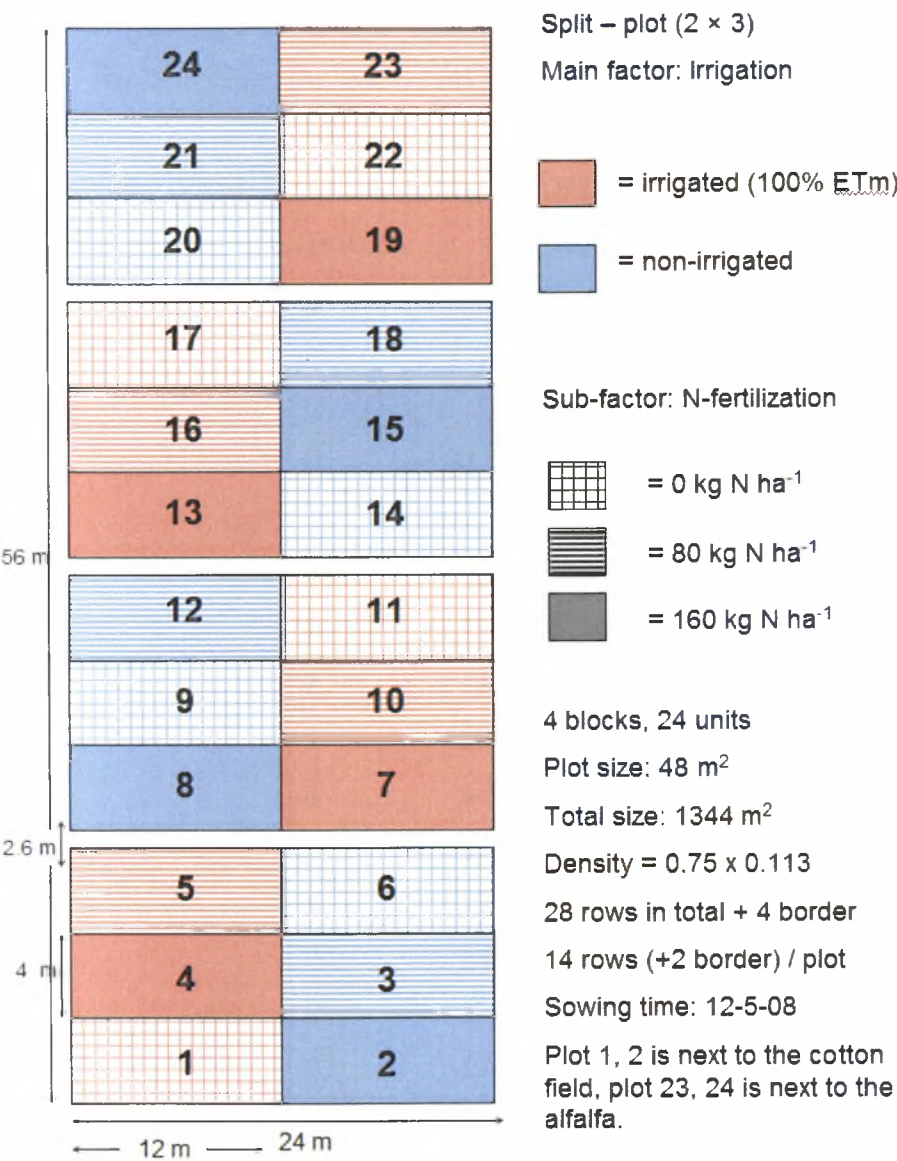
- a. I_1 = αρδευόμενο (100% ETm)
- b. I_2 = ξηρικό

Ο δευτερεύων παράγοντας ήταν η λίπανση (N – fertilization) σε τρία επίπεδα:

- a. N_1 = 0 (Μάρτυρας)
- b. N_2 = 8 μονάδες N/στρ
- c. N_3 = 16 μονάδες N/στρ

Οι διαστάσεις κάθε πειραματικού τεμαχίου ήταν $12 \times 4\text{m} = 48\text{m}^2$, η δε συνολική έκταση του πειράματος ήταν 48×24 (+ τους διαδρόμους) = 1344m^2 .

Sunflower experimental design – Palamas 2008



Η άρδευση εφαρμόζονταν σχεδόν κάθε εβδομάδα ξεκινώντας ένα μηνά περίπου μετά τη σπορά χρησιμοποιώντας ένα αυτόματο σύστημα στάγδην άρδευση (απόσταση σταλάκτη από σταλάκτη 1m, θεωρητική παροχή 4lt/h) .Η ποσότητα αρδευτικού νερού υπολογίστηκε με βάση την εξατμισοδιαπνοή χρησιμοποιώντας ειδικούς συντελεστές για τον ηλιάνθο και μετρήσεις από την λεκάνη εξάτμισης (Danalatos and Archontoulis, 2010) .Το συνολικό νερό άρδευσης (mm) ανά ημέρα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1):

Πίνακας 1. Ημερομηνίες άρδευσης και ποσότητα αρδευτικού νερού.		
a/a	ημέρα	mm
1	10-Ιουν	30,0
2	18-Ιουν	40,0
3	29-Ιουν	44,0
4	6-Ιουλ	39,6
5	15-Ιουλ	36,0
6	19-Ιουλ	30,0
7	28-Ιουλ	39,6
8	3-Αυγ	40,0
9	17-Αυγ	30,0
<u>Σύνολο</u>		329,2 mm

Μετεωρολογικά δεδομένα όπως η ακτινοβολία, η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, η ταχύτητα άνεμου, τα mm βροχής αλλά και η σχετική υγρασία καταγράφονταν κάθε μια ώρα από ένα αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό που ήταν τοποθετημένος στα όρια του πειραματικού αγρού σε ύψος 2.5 μέτρων από το έδαφος.

2.4. *Μεθοδολογία, συλλογή και επεξεργασία δεδομένων*

Στο πείραμα πραγματοποιήθηκαν 6 κοπές κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (16/6, 24/6, 3/7, 14/7, 29/7 και 12/8/2008). Ανά πειραματικό τεμάχιο κόβαμε τα φυτά που βρισκόταν σε έκταση 1,33 τρέχων μέτρο ή 1m². Κάθε φορά μετρηθήκαν τα παρακάτω μορφολογικά και παραγωγικά χαρακτηριστικά όπως αριθμός φυτών, ύψος φυτών, διάμετρος κεφαλής, αριθμός φύλλων, φυλλική επιφάνεια, χλωρό και ξηρό βάρος φύλλων, μίσχων, στελεχών.

Σε κάθε δειγματοληψία το νωπό βάρος κάθε δείγματος ζυγίζονταν απευθείας στον αγρό. Ύστερα επιλέγονταν ένα υπόδειγμα, που σε κάθε plot είχαμε και διαφορετικό. Κάθε δείγμα μεταφέρονταν με χαρτοσακούλα αφού πρώτα είχε διαχωριστεί στα διάφορα φυτικά μέρη, και τοποθετούνταν στον κλίβανο ξήρανσης για 2-4 ημέρες. Η εργασία του διαχωρισμού των υποδειγμάτων και η διαχώρησή τους στα διάφορα τμήματά τους γίνονταν στο εργαστήριο του Παλαμά, ενώ η τοποθέτησή του στον κλίβανο γίνονταν στο εργαστήριο γεωργίας του Π.Θ. . Κατόπιν τα ξερά δείγματα ζυγίζονταν με ζυγό ακριβείας . Στα φύλλα του ηλίανθου πριν την τοποθέτησή τους στον κλίβανο για ξήρανση γινόταν μέτρηση της φυλλικής τους επιφάνειας. Η φυλλική επιφάνεια (πράσινα φύλλα) μετρήθηκε χρησιμοποιώντας έναν αυτόματο φορητό μετρητή φυλλικής επιφάνειας LI-COR, μοντέλο LI-3000A.

Κατόπιν υπολογίσαμε τα παρακάτω μορφολογικά χαρακτηριστικά όπως δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI), ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA) και χαρακτηριστικά παραγωγικότητας ανά φυτικό τμήμα (φύλλα, στελέχη, κεφαλές, μίσχος) διεξοδικά. Το SLA υπολογίστηκε ως το γινόμενο της επιφάνειας φύλλων ως προς το βάρος. Το LAI υπολογίστηκε ως το γινόμενο του SLA επί το ξηρό βάρος των φύλλων ανά στρέμμα.

Έπειτα από την ολοκλήρωση όλων των σχετικών μετρήσεων τα ακόλουθα χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν και αναλύθηκαν στην παρούσα μελέτη:

- ✓ Ύψος ηλίανθου
- ✓ Διάμετρος κεφαλής
- ✓ Χλωρό βάρος καλλιέργειας
- ✓ Ξηρό βάρος καλλιέργειας
- ✓ Μέση θερμοκρασία, μέγιστη και ελάχιστη
- ✓ Ταχύτητα αέρα

- ✓ Σχετική υγρασία
- ✓ Ηλιοφάνεια
- ✓ Βροχόπτωση
- ✓ Λίπανση
- ✓ Άρδευση
- ✓ Παραγωγή σπόρου ηλίανθου
- ✓ L.A.I.
- ✓ S.L.A.

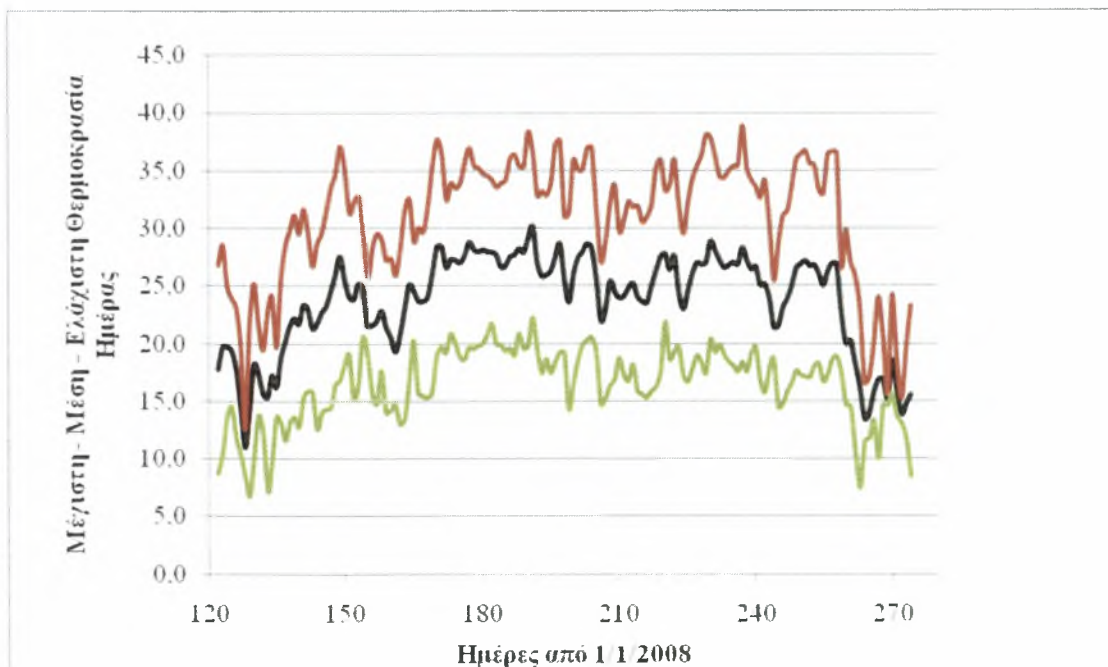
2.5. Στατιστική ανάλυση

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πακέτο GenStat, Version 7.1, ακολουθώντας τα αντίστοιχα πειραματικά σχέδια split-plot. Διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων προσδιορίστηκαν με βάση την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD test) σε πιθανότητα πειραματικού σφάλματος 5% .

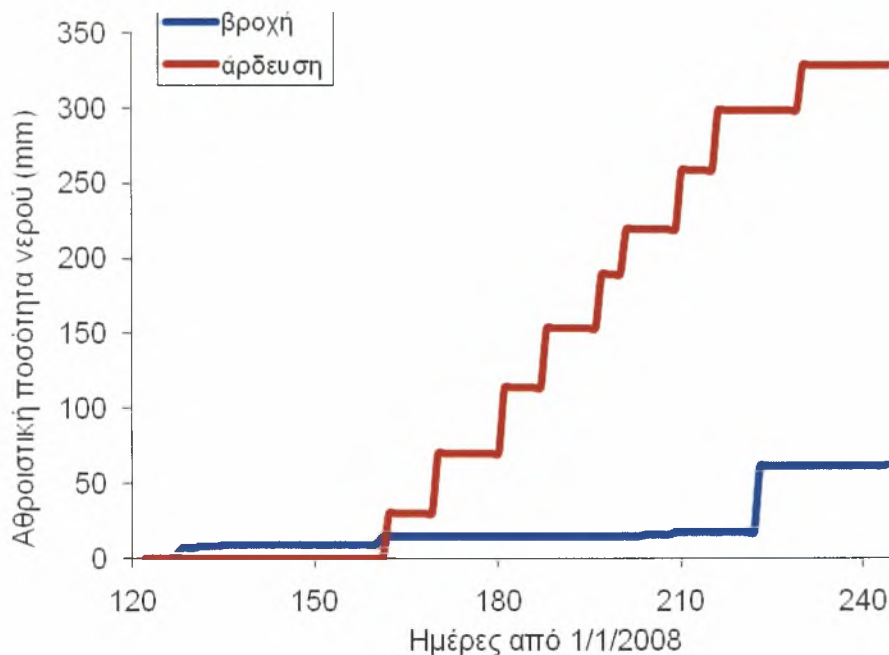
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Κλιματικές συνθήκες

Η υπό μελέτη περιοχή χαρακτηρίζεται από Μεσογειακό κλίμα με ζεστά, ξηρά καλοκαίρια και ψυχρούς, υγρούς χειμώνες. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε η μέση ημερήσια θερμοκρασία κατά την περίοδο ανάπτυξης μέχρι και το πέρας της 6^{ης} κοπής (12/8) ήταν περί τους 24°C, ενώ η μέγιστη τιμή έφτασε τους 38,4°C στις 8/7 και η ελάχιστη τιμή καταγράφηκε στις 8/5 και άγγιξε τους 6,7°C (Σχήμα 1). Μπορούμε να πούμε ότι η χρονιά του 2008 ήταν παραπλήσια με τις προηγούμενες σε σχέση με τις θερμοκρασίες, ενώ ο Αύγουστος ήταν κάπως πιο δροσερός, συγκρινόμενος με το κλιματικό μέσο όρο προηγούμενης χρονιάς, λόγω κάποιων σύντομων βροχοπτώσεων που έπεσαν στην περιοχή (Σχήμα 2). Έτσι οι μέσες θερμοκρασίες Ιουλίου και Αυγούστου ήταν 26,5°C και 26°C αντίστοιχα.

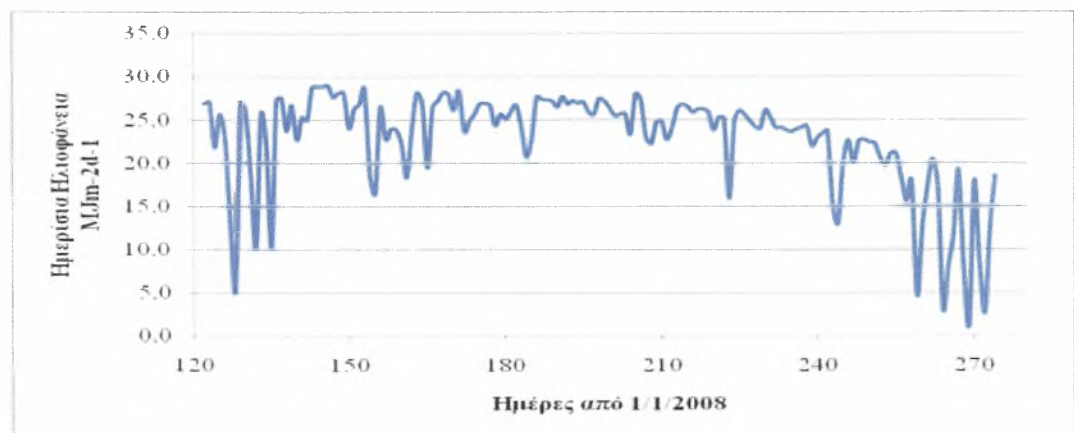
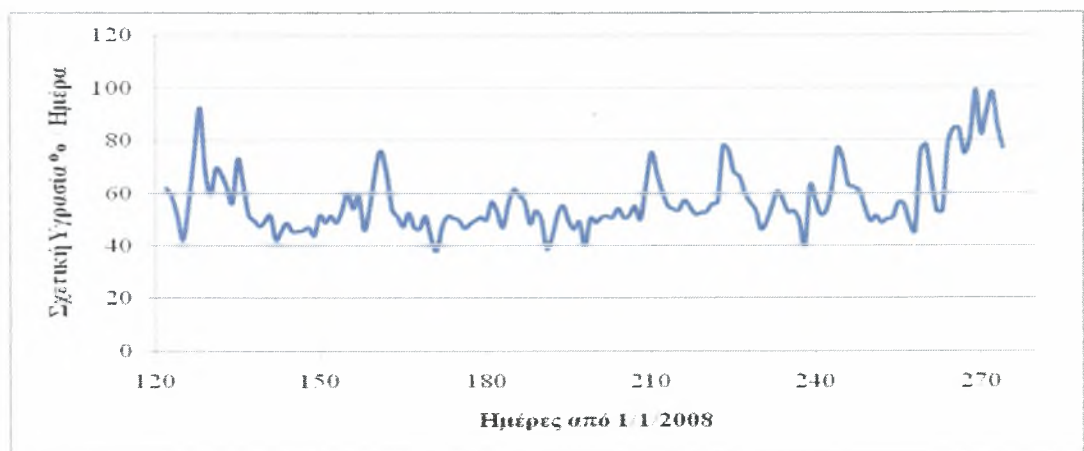
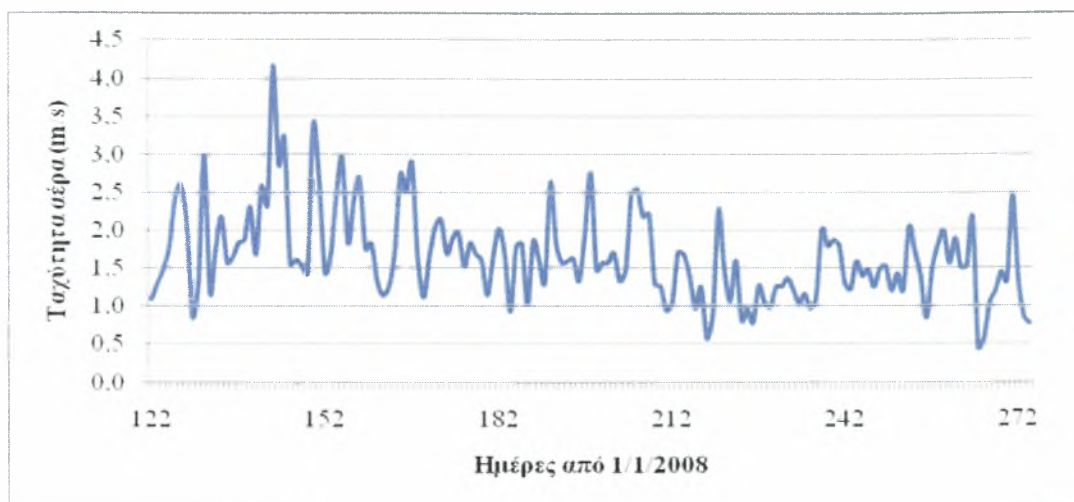


Σχήμα 1. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση θερμοκρασία από 1/5/2008 έως 30/9/2008.



Σχήμα 2. Αθροιστική ποσότητα νερού άρδευσης και βροχοπτώσεων.

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται κλιματικά δεδομένα όπως ταχύτητα ανέμου, σχετική υγρασία αέρα και της ολικής ακτινοβολίας για την καλλιεργητική περίοδο του ηλιάνθου το 2008. Τα δεδομένα αφορούν μέσες ημερήσιες τιμές οι οποίες υπολογίστηκαν από ωριαίες καταγραφές του αυτόματου μετεωρολογικού σταθμού που ήταν τοποθετημένος στα όρια του πειραματικού αγρού σε ύψος 2.5 μέτρων από το έδαφος. Η μέση ταχύτητα του ανέμου από την ημερομηνία σποράς (12/5) μέχρι και το πέρας της 6^{ης} κοπής (12/8) υπολογίστηκε στο 1,79 m/s ενώ οι τιμές της σχετικής υγρασίας και της προσπίπτουσας ολικής ακτινοβολίας για την ίδια περίοδο ήταν 53% και 25,3MJ m⁻²s⁻¹ αντίστοιχα.

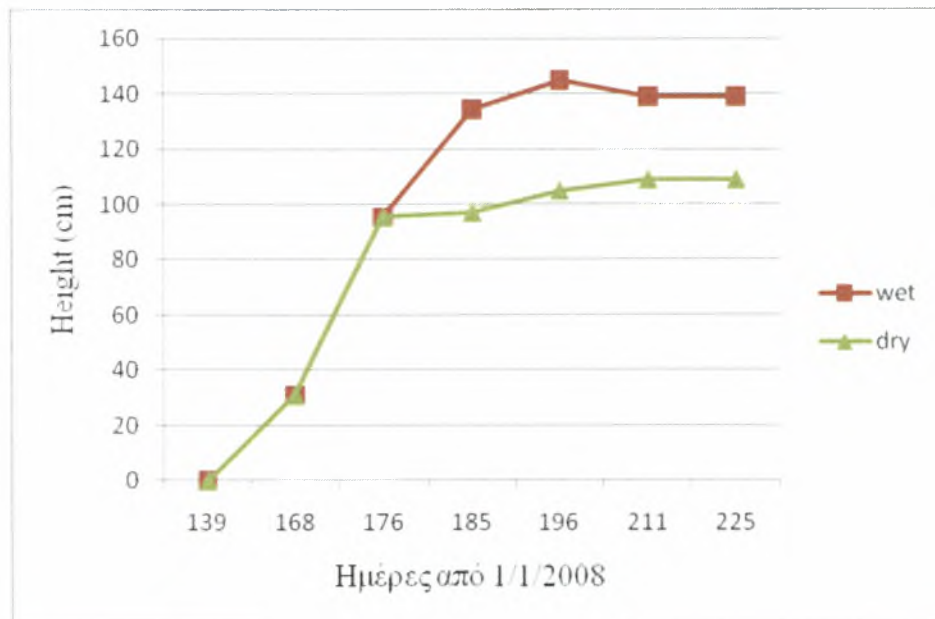


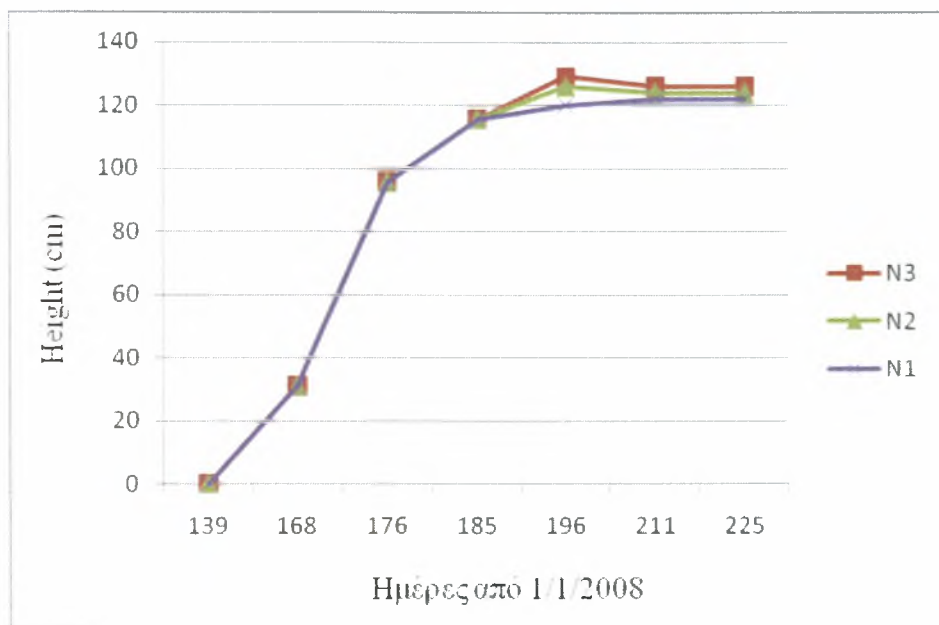
Σχήμα 3. Ημερήσια κλιματικά δεδομένα στην περιοχή του Παλαμά Καρδίτσας το 2008. Επάνω γράφημα ταχύτητα του αέρα (m/s), μεσαίο γράφημα σχετική υγρασία επί τις % και κάτω γράφημα ολική προσπίπτουσα ακτινοβολία ($\text{MJ m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

3.2. Η επίδραση της άρδευσης και της λίπανσης στην αύξηση και την βιομάζα του φυτού

3.2.1. Ύψος φυτού

Το Σχήμα 4 δείχνει την εξέλιξη του ύψους των φυτών ηλίανθου σε σχέση με την άρδευση και λίπανση. Στην ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων άρδευσης ($P < 0,05$) για το ύψος των φυτών. Σε αντίθεση με την άρδευση δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών επιπέδων λίπανσης ($P > 0,05$). Ο αρδευόμενος ηλίανθος έφτασε σε μεγαλύτερο ύψος από τον μη – αρδευόμενο, φτάνοντας σε μέγιστο ύψος 145cm (στο τέλος της φάσης ανθοφορία), ανεξάρτητα από την ποσότητα εφαρμογής λιπάσματος, ενώ ο μη – αρδευόμενος ηλίανθος έφτασε τα 109cm. Τέλος, με την προσθήκη ποσότητας λιπάσματος N_3 (16 μονάδες N), ο μέσος όρος του ύψους του ηλίανθου αυξήθηκε κατά 3 – 8cm σε σχέση με τις υπόλοιπες δύο μεταχειρίσεις λιπασμάτων (N_2, N_1).

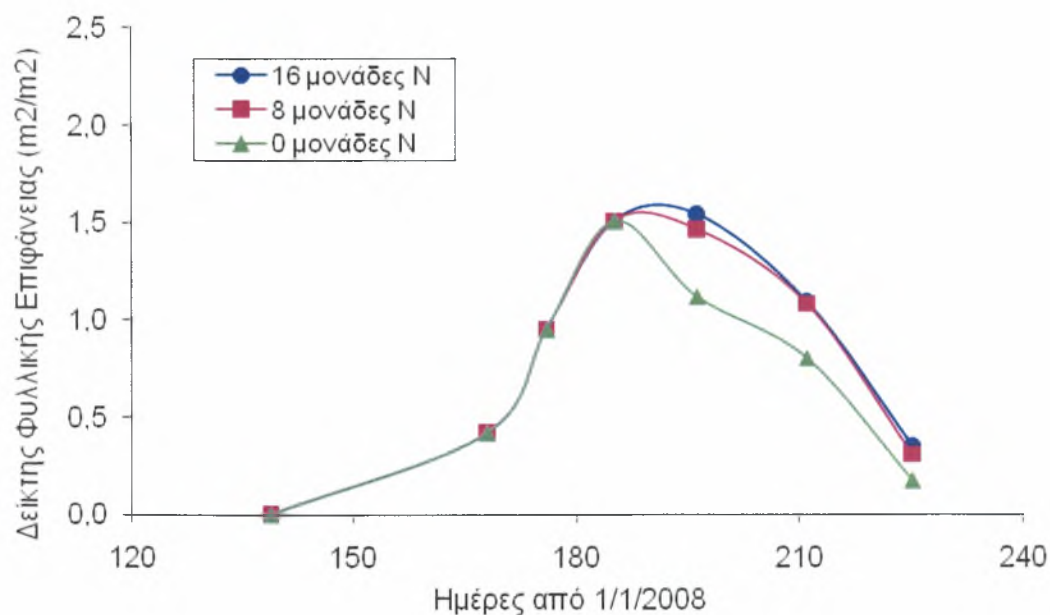
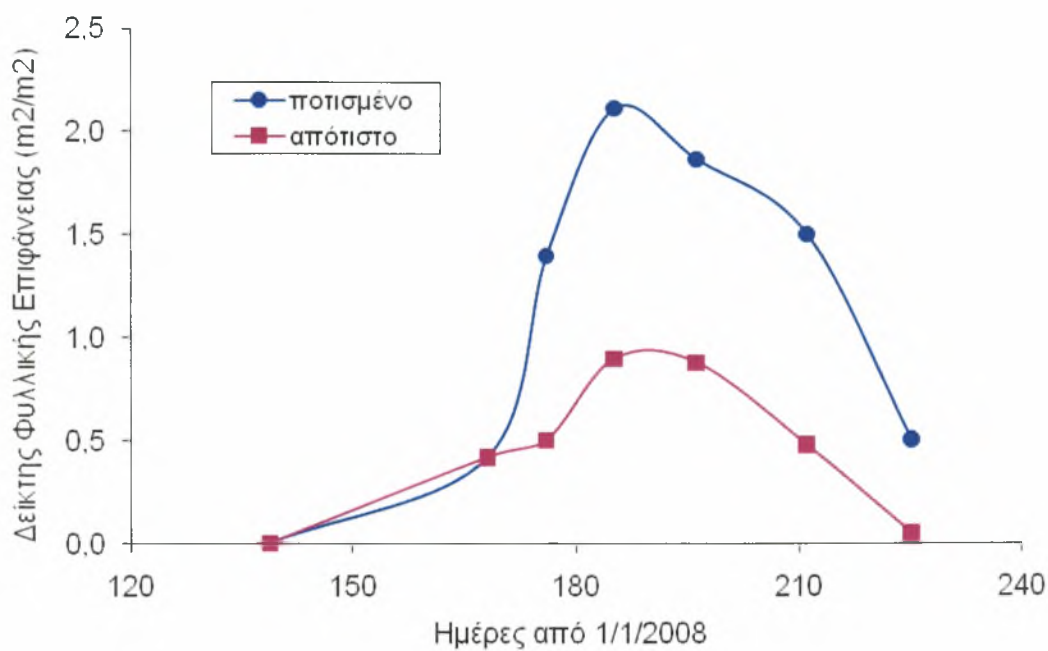




Σχήμα 4. Πορεία αύξησης του ύψους του ηλίανθου σε σχέση με τον χρόνο για τα δύο επίπεδα νερού [(I1, I2), (σχήμα πάνω)] και για τα τρία επίπεδα λίπανσης [(N3, N2, N1), (σχήμα κάτω)].

3.2.2 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας

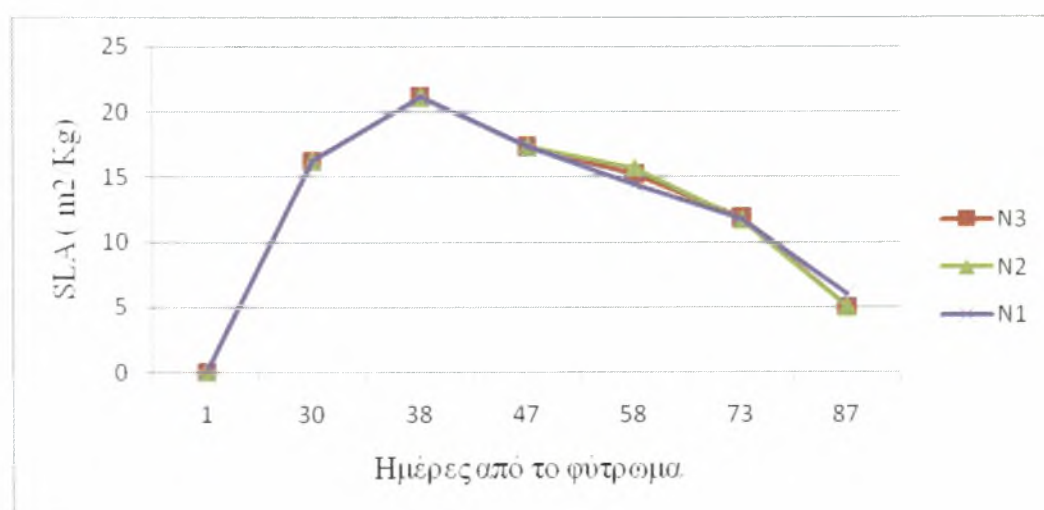
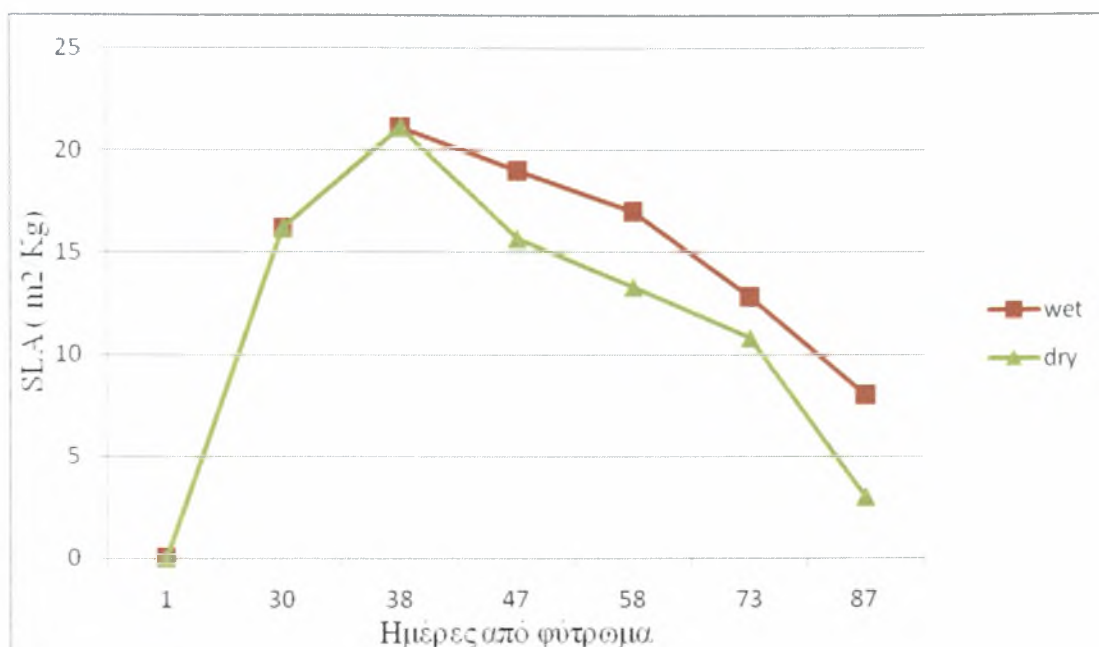
Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5 (πάνω) το LAI στον αρδευόμενο ηλιάνθο είχε μια εκθετική αύξηση από το φύτευμα μέχρι τα μέσα Ιουνίου ενώ από εκεί και μετά παρατηρήθηκε μία σημαντική ταχεία αύξηση μέχρι τα μέσα Ιουλίου όπου έφτασε στην μέγιστη τιμή του, $2,1\text{m}^2\text{m}^{-2}$. Ύστερα από εκείνη την ημερομηνία είχαμε πτώση των τιμών του LAI φτάνοντας στην τιμή του $0,5\text{m}^2\text{m}^{-2}$ την περίοδο της 6^{ης} κοπής. Αναφορικά στο LAI του μη – αρδευόμενου ηλιάνθου, οι τιμές κυμάνθηκαν σε πολύ χαμηλά επίπεδα εξαιτίας έλλειψης νερού αλλά και της πρώιμης ωρίμανσης του ηλιάνθου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να έχουμε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων άρδευσης (I1, I2) αφού το $P < 0,05$. Την ίδια εξέλιξη δεν είχαμε και στην εφαρμογή της λίπανσης, με αποτέλεσμα να μην έχουμε στατιστικές σημαντικές διαφορές στα τρία επίπεδα λίπανσης και στην αύξηση του LAI που κυμάνθηκε με παρόμοιο σχεδόν τρόπο σε όλη την περίοδο ανάπτυξης. Σε γενικές γραμμές οι τιμές του LAI κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με άλλα πειράματα στην ίδια περιοχή τις προηγούμενες χρονιές που το LAI είχε υπερβεί και το $3,5\text{m}^2/\text{m}^2$ (Danalatos et al, Paris 2005), (Danalatos et al, Spain 2005), (Archontoulis et al, Berlin 2007). Αυτό οφείλεται τόσο στην χρησιμοποιούμενη ποικιλία και κατά δεύτερον και εξίσου σημαντικό λόγο στη έντονη ξηρασία που επικράτησε το 2008. Παρόλα που η άρδευση γινόταν κάθε εβδομάδα όπως και τα προηγούμενα χρόνια (Αρχοντουλης, προσωπική επικοινωνία), η βροχόπτωση που σημειώθηκε στην καλλιεργητική περιοχή 3 μήνες πριν τη σπορά ήταν αυτή που έκανα μια έντονη διαφοροποίηση (βλέπε 80 χιλιοστά σε σχέση με τα 250 χιλιοστά τις προηγούμενες χρονιές).



Σχήμα 5. Εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) σε σχέση με τον χρόνο για δύο επίπεδα νερού [(I1, I2), (σχήμα πάνω)] και για τρία επίπεδα λίπανσης [(N3, N2, N1), (σχήμα κάτω)].

3.2.3 Ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA)

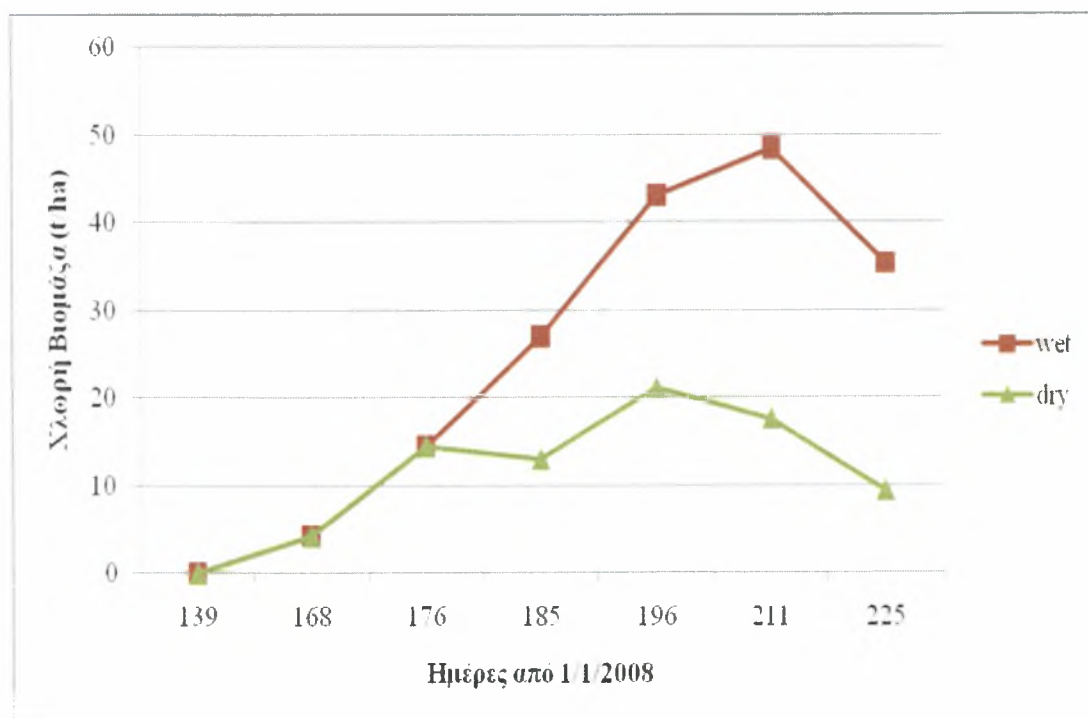
Το Σχήμα 6 (πάνω) δείχνει ότι το SLA του ηλίανθου είχε μια σημαντική και γρήγορη ανάπτυξη από τη σπορά του μέχρι και την 3^η κοπή στις 3/7/2008, όπου έφτασε στην μέγιστη τιμή του, 18,98m²/kg. Ύστερα από την περίοδο της ανθοφορίας το SLA μειωνόταν σταδιακά μέχρι την περίοδο γεμίσματος του σπόρου όπου έφτασε την τιμή 8m²/kg για τον αρδευόμενο ηλίανθο και 3m²/kg για τον μη – αρδευόμενο ηλίανθο. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να σημειωθούν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα δύο επίπεδα άρδευσης ($P < 0,05$) σε αντίθεση με τα τρία επίπεδα λίπανσης (Σχήμα 6 κάτω) που παρουσίασαν μια παρόμοια αύξηση – μείωση τιμών και δεν παρατηρήσαμε διαφορές μεταξύ τους.

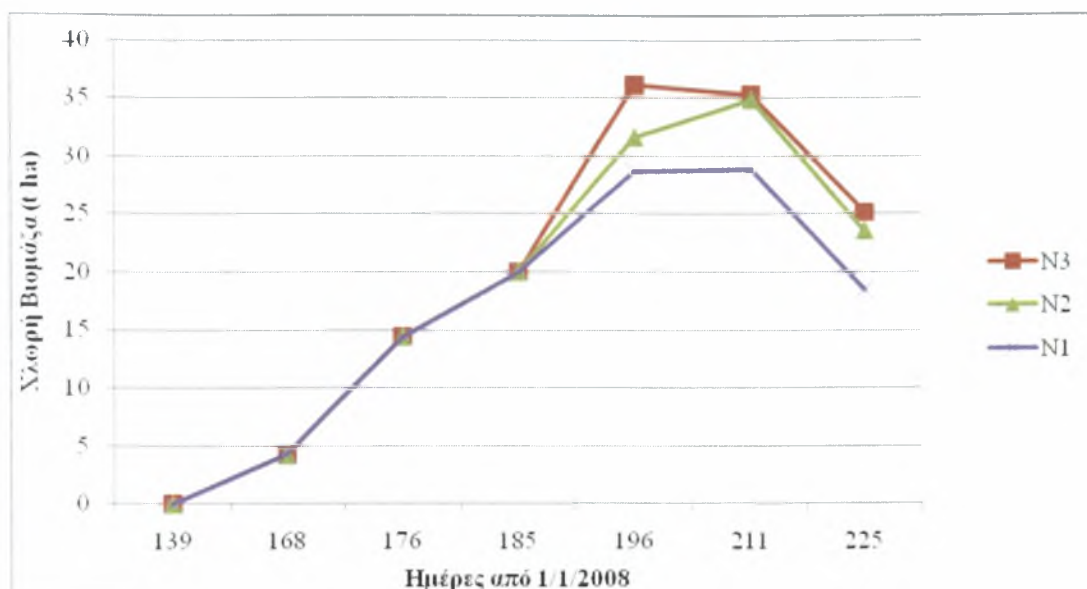


Σχήμα 6. Εξέλιξη της ειδικής φυλλικής επιφάνειας (S.L.A.) σε σχέση με τον χρόνο για τα δύο επίπεδα νερού [(I1,I2), (σχήμα πάνω)] και για τα τρία επίπεδα λίπανσης [(N3, N2, N1), (σχήμα κάτω)].

3.2.4 Συνολική χλωρή βιομάζα

Όπως παρατηρούμε στο Σχήμα 7 και σύμφωνα με την ανάλυση ANOVA για τα δύο επίπεδα νερού (αρδευόμενος ηλίανθος, μη – αρδευόμενος) υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο αυτών επιπέδων ($P < 0,05$). Η μέγιστη τιμή της χλωρής βιομάζας έφτασε για τον αρδευόμενο ηλίανθο, στις 27/7, 48,47t/ha ενώ για τον μη – αρδευόμενο η μέγιστη τιμή ήταν 21,1t/ha στις 14/7. Όσον αφορά τις μεταχειρίσεις για τα 3 επίπεδα λιπάνσεων έχουμε μια παρόμοια ανάπτυξη στην χλωρή βιομάζα μέχρι της 3/7 (3^η κοπή) και 19,99t/ha. Στην αύξηση του ηλίανθου μετά της 3/7 μέχρι και το τέλος της ερευνάς μας παρατηρούμε ότι υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών επιπέδων λίπανσης με την εφαρμογή N3 (16 μονάδες N) να φτάνουν την χλωρή ξηρή βιομάζα στο 36,1t/ha ενώ οι εφαρμογές N2 και N1 να δίνουν 34,84t/ha και 28,9t/ha αντίστοιχα.



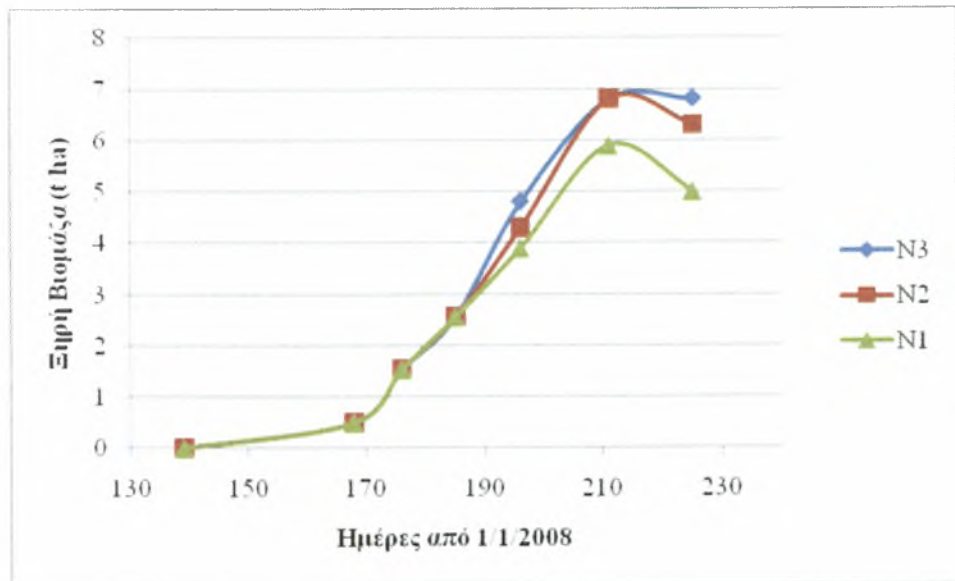
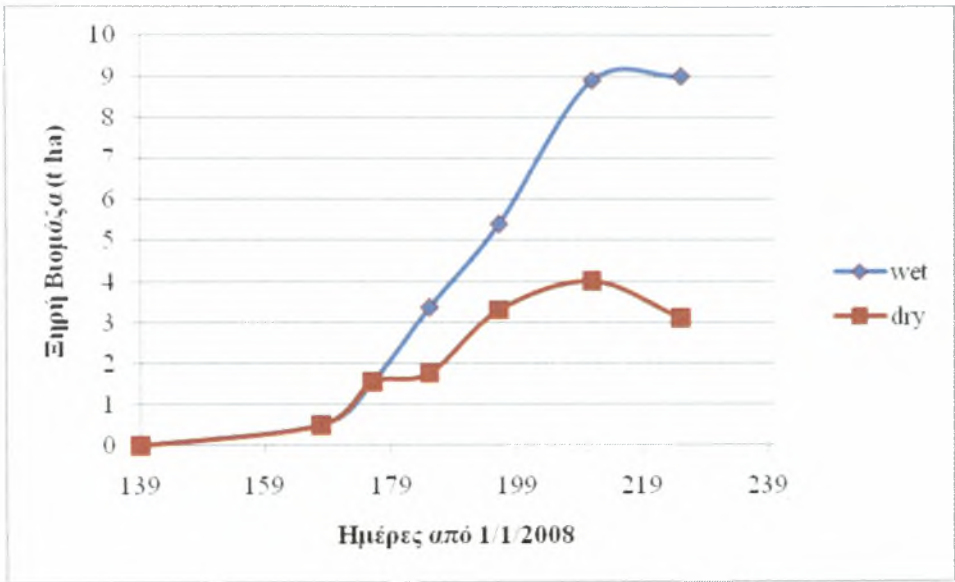


Σχήμα 7. Δεδομένα αύξησης χλωρής βιομάζας σε σχέση με τον χρόνο για δύο επίπεδα νερού [(I1, I2), (σχήμα πάνω)] και για τα τρία επίπεδα λίπανσης [(N3, N2, N1), (σχήμα κάτω)].

3.2.5 Συνολική ξηρή βιομάζα

Το διάγραμμα 7 μας παρουσιάζει την αύξηση στην συνολική ξηρή ουσία για τον ηλίανθο στους δύο ερευνητικούς παράγοντες του πειράματός μου, λίπανση και άρδευση. Φαίνεται ότι η λίπανση είχε ελάχιστη επίδραση στην ανάπτυξη και την παραγωγικότητα σε ξηρή ουσία του ηλίανθου. Και με βάση την ανάλυση που κάναμε με την ANOVA βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστική διαφορά ανάμεσα στις μεταχειρίσεις των τριών επιπέδων λίπανσης ($P < 0,05$), και παρουσίασαν παρόμοιους ρυθμούς αύξησης στην ξηρή βιομάζα. Σε αντίθεση με την λίπανση τα δύο επίπεδα άρδευσης παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές αφού $P > 0,05$. Πράγματι μετά από την περίοδο εγκατάστασης και μια αρχική αύξηση, περίπου ένας μήνας, και μέχρι το τέλος του ανθικού σταδίου είχαμε έναν υψηλό ρυθμό ανάπτυξης φτάνοντας την τιμή της ξηρής βιομάζας στα 5,4t/ha και 3,3t/ha για τον αρδευόμενο και μη – αρδευόμενο ηλίανθο αντίστοιχα. Κατά την περίοδο γεμίσματος του σπόρου και το χρονικό διάστημα μέχρι την ωρίμανση ο αρδευόμενος ηλίανθος είχε σημαντική συνέχεια στην ανάπτυξή του με αποτέλεσμα να φτάσει την μέγιστη τιμή του, στην 5^η κοπή την 27/7, τον αριθμό του 8,9t/ha (Giannoulis et al, Hamburg 2009). Δεν υπήρξε όμως και η ίδια συνέχεια στην ανάπτυξη του μη – αρδευόμενου ηλίανθου όπου μετά

την πρώτη ανάπτυξη του, μετά την 15/7 είχε μείωση στην απόδοση της ξηρής βιομάζας του έχοντας μέγιστο 4t/ha. Αυτό οφείλεται αδιαμφισβήτητα στην έλλειψη νερού (I1) που είχε και σαν αποτέλεσμα την πτώση των φύλλων και την ξήρανση κάποιων μερών του φυτού.



Σχήμα 8. Αύξηση του ολικού ξηρού βάρους σε σχέση με το χρόνο για τα δύο επίπεδα νερού [(I1, I2), (σχήμα πάνω)] και για τα τρία επίπεδα λίπανσης [(N3, N2, N1), (σχήμα κάτω)].

3.2.6 Παραγωγή σπόρου

Η απόδοση του σπόρου του ηλίανθου, που μπορεί να φτάσει και $4.5 - 5,0 \text{ t ha}^{-1}$ μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε εδάφη με υψηλή στάθμη υπόγειου νερού όπως αυτά της δυτικής Θεσσαλίας κάτω από μειωμένες εισροές άρδευσης και αζωτούχου λίπανσης (Geronikolaou et al, Paris 2005), (Danalatos et al, Paris 2005). Τέτοιες αποδόσεις είναι τρεις φορές υψηλότερες σε σύγκριση με τις αποδόσεις ηλίανθου που λαμβάνονται χώρα στη βόρεια Ελλάδα και είναι όμοιες με εκείνες που αναφέρθηκαν στη διεθνή βιβλιογραφία κάτω από μη περιοριστικές συνθήκες άρδευσης και λίπανσης : $3.5-5 \text{ t ha}^{-1}$ στην Αργεντινή (Zuibillaga et al ,2002 ,Ruffo , et al 2003), 4.1 t ha^{-1} στην Τουρκία (Goskoy et al 2004) and $4.3-4.5 \text{ t ha}^{-1}$ στην Ιταλία (Rinaldi, 2001, Rinaldi et al 2003).Ο δείκτης συγκομιδής (HI) σύμφωνα με την ανάλυση ήταν 0.356 για τον αρδευόμενο ηλίανθο ανεξάρτητα όμως από την εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης ενώ για τον μη – αρδευόμενο ηλίανθο η τιμή του δείκτη συγκομιδής ήταν 0,286 (ανεξάρτητα αζωτούχου λίπανσης) ο οποίος είναι σύμφωνος και με άλλες έρευνες (Goskoy et al 2004, Ruffo , et al 2003, Zuibillaga et al,2002).

Ο ηλίανθος έχει ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης τους 28°C (Villabolos , et al 1996) και ιδανική θερμοκρασία για φωτοσύνθεση από $18-31^{\circ}\text{C}$ (Connor , et al 1993),έτσι οι υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης που έχουμε στην κεντρική Ελλάδα μπορούν να αποδοθούν κυρίως στις ευνοϊκές καιρικές συνθήκες και στους συναφείς υψηλούς ρυθμούς φωτοσύνθεσης ($35 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ Danalatos). Οι Ruiz and Maddonni (2006) ανέφεραν ότι το κριτικό LAI του ηλίανθου για μέγιστη απόδοση παραγωγής ήταν 2.89. Στην έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε το LAI δεν ξεπέρασε την τιμή του $2,1 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ γι' αυτό το σύνολο της ξηρής βιομάζας αλλά και η απόδοση του σπόρου του ηλίανθου είναι χαμηλότερα από τις προηγούμενες χρονιές. Τέτοιες επιπτώσεις δεν παρατηρήθηκαν στις τρεις εφαρμογές λιπασμάτων (N3, N2, N1) και δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο σύνολο ξηρής βιομάζας και της απόδοσης του σπόρου. Αυτό οφείλεται στην υψηλή γονιμότητα του εδάφους που κατά την διάρκεια των έξι προηγούμενων ετών το έδαφος καλλιεργήθηκε με βαμβάκι και ύστερα με ηλίανθο με εισροές αζώτου >20 μονάδες ανά στρέμμα ανά χρόνο . Πολλοί συγγραφείς έχουν προτείνει ρυθμό εφαρμογής αζωτούχου λίπανσης από 40 to 190 kg N ha^{-1} σε πολλά μέρη του κόσμου (Lopez-Bellido et al, 2003) ενώ ο Zuibillaga et al.(2002) αναφέρει ότι για μεγιστοποίηση της απόδοσης η προσθήκη αζώτου 181 kg N ha^{-1} (υπολειμματικό άζωτο εδάφους και λίπασμα) θα έπρεπε να εφαρμόζεται σε

συνδυασμό με φώσφορο 40 kg ha⁻¹.

3.2.7 Δείκτης συγκομιδής (Harvest Index)

Ο δείκτης συγκομιδής υπολογίζεται διαιρώντας τις συνολική απόδοση των σπόρων με τη συνολική απόδοση των φυτών. Έτσι, την οικονομική απόδοση / συνολική απόδοση των φυτών μας την δίνει ο δείκτης συγκομιδής. Ωστόσο, χωρίς τη βελτίωση του δείκτη συγκομιδής η αύξηση της απόδοσης του ηλίανθου δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Αν η φωτοσύνθεση επιτρεπόταν σε πλήρη έκφραση, τότε ο δείκτης συγκομιδής θα αυξανόταν. Από την άλλη, με την παρουσία κάποιας σοβαρής πίεσης, όπως η χαμηλή υγρασία, ασθένειες ή έντομα μπορούν να τροποποιήσουν την ανάπτυξη των φυτών, και κατ'έκταση την αποδοτικότητα. Σε αυτήν την περίπτωση ο δείκτης συγκομιδής θα ήταν σε χαμηλό επίπεδο <0,30 (Rashid Ahmad, Bilal Hassan & Khawar Jabran), (Nangia et al, Sri Lanka 2008).

Ο χαμηλός δείκτης συγκομιδής θα μπορούσε να αποδοθεί σε μια μη συνιστώμενη ποικιλία, σε έναν μη υγιή και καθαρό σπόρο για σπορά (ο σπόρος θα πρέπει να πληρή τα διεθνή πρότυπα σπόρου, (Federal Seed Certification Authority), η πολύ όψιμη σπορά, ατελείς μεθόδους σποράς, έλλειψη θρεπτικών στοιχείων, ο χαμηλός αριθμός των φυτών, ελλιπή προστασία των φυτών, ο πολλαπλασιασμός των ζιζανίων, η αλατότητα, η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και η μη διαθεσιμότητα του νερού για άρδευση στα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης του ηλίανθου. Σημαντικός παράγοντας για την αύξηση του δείκτη συγκομιδής είναι οι καλλιεργητικές φροντίδες του εδάφους όπως το όργωμα, το δισκοσβάρνισμα .

Πρέπει να υπάρχει μια ισορροπημένη χρήση των συντελεστών παραγωγής όπως λιπάσματα και άρδευση για να μπορέσει ο δείκτης συγκομιδής να βρίσκεται στα σωστά επίπεδα μεταξύ 0,30 – 0,35. Πρέπει να υπάρχει επαρκή άρδευση σε κρίσιμα στάδια της ανάπτυξης του ηλίανθου γιατί σε αντίθετη περίπτωση θα περιοριστεί ο δείκτης συγκομιδής κατά πολύ. Όπως θα μπορεί να γίνει σε μία περίοδο ξηρασίας. Ο χαμηλός δείκτης συγκομιδής των καλλιεργειών είναι η κύρια αιτία για μείωση της απόδοσης της καλλιέργειας. Ως εκ τούτου, ο δείκτης συγκομιδής θα μπορούσε να

χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για τον καθορισμό του χάσματος μεταξύ δυνητικών και των πραγματικών αποδόσεων (Rashid Ahmad 2008).

Πίνακας 2. Harvest Index για διάφορες καλλιέργειες (Ahmad, Hassan and Jabran, 2007).

0.40 – 0.55	Wheat (Σιτάρι)
0.40 – 0.55	Maize (Αραβόσιτος)
0.30 – 0.35	Sunflower (Ηλίανθος)
0.45 – 0.55	Dry Beans (Ξερά Φασόλια)
0.45 – 0.55	Lentils (Φακή)
0.25 – 0.35	Soybean (Σόγια)
0.40 – 0.55	Sorghum (Σόργο)

Έτσι παρατηρώντας τα δεδομένα του Πίνακα 3 υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του αρδευόμενου και του μη – αρδευόμενου ηλίανθου για τα δεδομένα του σπόρου. Τα δεδομένα μας διαφέρουν και στο ξηρό βάρος σπόρων (gr/m^2) και στην υπολογιζόμενη υγρασία τους αλλά και στο δείκτη συγκομιδή μας. Με τις εφαρμογές ίδιων ποσοτήτων λιπασμάτων συμπεραίνουμε ότι οι διαφορές οφείλονται ολοκληρωτικά στα δύο επίπεδα άρδευσης (I1, I2) άρδευση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα στον αρδευόμενο ηλίανθο η υπολογιζόμενη ποσότητα σπόρου να είναι 265kg/str ενώ στον μη – αρδευόμενο η ποσότητα σπόρου να φτάνει μόλις τα 109kg/str. Με συνέπεια η ποσότητα του σπόρου να έχει αντίκτυπο και στον δείκτη συγκομιδής που για το αρδευόμενο ηλίανθο από 0,33 – 0,38 ενώ για τον μη – αρδευόμενο από 0,28 – 0,3, κάτω και από τον διεθνή μέσο όρο που παρατηρούμε στον Πίνακα 2.

Πίνακας 3. Δεδομένα σπόρου για gr/m², υγρασία σπόρου και δείκτη συγκομιδής.

		Παραγωγή σπόρου (g/m2)			σπόρος	
		Μετρήθηκαν στον αγρό	Χάθηκαν από		Υγρασία (%)	Δείκτης συγκομιδής (%)
Άρδευση	Λίπανση		πουλιά, πτώση,κ.α.	Δυναμική παραγωγή		
Ποτισμένο	N3	263	38	301	13%	38
	N2	202	68	270	13%	36
	N1	197	38	224	10%	33
Απότιστο	N3	73	31	104	16%	30
	N2	79	35	114	20%	28
	N1	69	42	111	9%	28

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ύστερα από την περάτωση του πειράματος διαπιστώσαμε ότι η παραγωγή του ηλίανθου για το 2008 κυμάνθηκε σε μέτρια επίπεδα (ξηρικό = 110 και ποτιστικό 265 kg σπόρο/στρ) σε σχέση με προηγούμενες καλλιεργητικές περιόδους (450-500 kg σπόρο/στρ 2003-2006).

Συμπεράναμε ότι ο ξηρικός ηλίανθος δεν ευσταθεί χωρίς άρδευση στην περιοχή της Καρδίτσας παρόλο που το έδαφος είναι γόνιμο και έχει υπόγεια στάθμη νερού. Οι μετρήσεις έδωσαν αποτελέσματα στα οποία μας δείχνουν ότι το ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας, η ειδική φυλλική επιφάνεια, το ύψος αλλά και η παραγωγή του ηλίανθου είναι σαφώς μεγαλύτερες για τον ποτιστικό ηλίανθο σε σχέση με τον ξηρικό.

Η απόδοση σε ηλιόσπορο επηρεάζεται κυρίως από την παρουσία και την επάρκεια νερού και όχι από την αζωτούχο λίπανση. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τους μικρούς ρυθμούς αύξησης της καλλιέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Albrizio R, Steduto P. ,2005 Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea I. Radiation use efficiency. *Agric. & Forest Meteorology* (2005), 130, 254–268

Archontoulis SV, Struik PC, Yin X, Bastiaans L, Vos J, Danalatos NG, 2010. Inflorescence characteristics, seed composition, and allometric relationships predicting seed yield in the biomass crop *Cynara cardunculus*. *Global change biology – bioenergy*, 2, 113–129.

Archontoulis SV, Danalatos NG, Struik PC, Tsalikis D, 2007. Irrigation and N-fertilization effects on the growth and productivity of sunflower in an aquic soil in central Greece. *Proceedings of the 15th European Biomass Conference*, Berlin, Germany, p. 413–416.

Connor DJ, Hall AJ, Sardas VO. ,1993 Effects of nitrogen content on the photosynthetic characteristics of sunflower leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* (1993), 20, 251–263.

Danalatos NG, Archontoulis SV, 2009. Pilot scale agronomical results on *Cynara*, Sunflower and fiber and sweet Sorghum in three different sites in Greece. *Proceedings of the 17th European biomass conferences*, Hamburg, Germany, p. 531–537.

Danalatos NG, Archontoulis SV, Geronikolou L, Papadakis G, 2005. Irrigation and N-fertilization effects on growth and productivity of three sunflower hybrids in an aquic soil in central Greece. In: M.J Pascual-Villalobos, F.S. Nakayama, C.A. Bailey, E. Correal and W.W. Schloman, Jr. *Proceeding of 2005 Annual Meeting of the Association for Advancement of Industrial Crops: International Conference on Industrial Crops and Rural Development 17–21 September 2005*, Murcia, Spain, pp 129–138.

Danalatos NG, Archontoulis, SV, Geronikolou L, Papadakis G, 2005. Biomass and seed yield of sunflower as alternative energy crop in Greece. *14th European Biomass Conference and Exhibition: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*.

Proceedings of the 14th European Biomass Conference, 17–21 October Paris, France, pp. 308–311.

FAOSTAT www.fao.org, 2006

FAOSTAT www.fao.org, 2007

Geronikolou L, Archontoulis, SV, Danalatos NG, Papadakis G, Kyritsis S, 2005. Economic Opportunity for Seed Oil Production in S. Europe by New Sunflower Varieties and under New C.A.P. Conditions. 14th European Biomass Conference and Exhibition: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. *Proceedings of the 14th European Biomass Conference*, 17–21 October Paris, France, pp. 1917–1920.

Giannoulis KD, Archontoulis SV, Bastiaans L, Struik PC, Danalatos NG, 2009. Performance of cropping systems including sunflower as mono-crop vs. in intensive rotation with winter wheat in central Greek plains. Proceedings of the 17th European biomass conferences, Hamburg, Germany, p. 545–548.

K.D. Giannoulis, S.V. Archontoulis, L. Bastiaans, P.C. Struik, N.G. Danalatos., 2008. Potential growth and seed yield of sunflower as affected by sowing time, irrigation and N-fertilization in central Greece. Proceedings of the International conference on Agricultural Engineering, Crete, Greece (p. 10).

Lopez-Bellido RJ, Lopez-Bellido L, Castillo JE, Lopez-Bellido FJ., 2003 Nitrogen uptake by sunflower as affected by tillage and soil residual nitrogen in a wheat-sunflower rotation under rainfed Mediterranean conditions. *Soil & Tillage Research* (2003), 72, 43–51.

Meier U , 2001 Growth stage of mono-and dicotyledonous plants. BBCH monograph 2nd edition 158 pp

Rinaldi M., 2003 Application of EPIC model for irrigation scheduling of sunflower in southern Italy. *Agric. Water Management* (2001), 49, 185–196.

Villabolos FJ, Hall AJ, Ritchie JT, Orgaz F., 1996 OILCROP-SUN: a development, growth and yield model of the sunflower crop. *Agronomy J.* (1996), 88, 403–415.

Δαναλάτος Ν και Αρχοντουλης Σ, 2008. Οδηγός Καλλιεργητικών Φροντίδων Αγριαγκινάρας, Ηλιάνθου και Σόργου. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

A) ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Ημερομηνία	Βροχή (mm)	Ταχύτητα Ανέμου m/sec	Σχετική Υγρασία %	Μέγιστη Θερμικρασία C°	Ελάχιστη Θερμοκρασία C°	Ημερήσια Ηλιοφάνεια MJm-2d-1
1/5/2008	0	1,1	62	26,8	8,7	26,9
2/5/2008	0	1,3	58	28,6	10,5	27,0
3/5/2008	0	1,5	51	24,9	13,7	21,8
4/5/2008	0	1,8	42	23,9	14,5	25,7
5/5/2008	0	2,4	56	23,1	11,8	23,0
6/5/2008	2,4	2,6	75	19,6	10,3	13,1
7/5/2008	4,6	2,1	93	12,6	8,4	5,3
8/5/2008	0	0,8	68	21,8	6,7	27,1
9/5/2008	0	1,3	59	25,2	10,1	26,1
10/5/2008	1,2	3,0	69	21,6	13,7	18,5
11/5/2008	0	1,2	67	19,4	12,1	9,9
12/5/2008	0	1,7	62	22,8	7,1	25,7
13/5/2008	0	2,2	56	24,1	9,8	22,4
14/5/2008	0,8	1,6	73	19,7	13,6	10,0
15/5/2008	0	1,6	64	25,5	13,1	27,3
16/5/2008	0	1,8	52	28,5	11,5	27,6
17/5/2008	0	1,9	50	29,8	13,1	23,7
18/5/2008	0	2,3	47	31,2	13,6	26,7
19/5/2008	0	1,7	49	29,5	12,7	22,7
20/5/2008	0	2,6	52	31,7	15,3	25,3
21/5/2008	0	2,3	42	29,7	15,8	25,0
22/5/2008	0	4,2	45	26,7	15,7	28,8
23/5/2008	0	2,9	49	28,7	12,5	28,8
24/5/2008	0	3,2	45	29,6	13,9	28,9
25/5/2008	0	1,5	45	31,5	14,3	29,0
26/5/2008	0	1,6	46	33,5	14,4	27,6
27/5/2008	0	1,5	47	34,8	16,3	28,1
28/5/2008	0	1,4	44	37,1	16,8	28,2
29/5/2008	0	3,4	52	35,1	18,1	24,0
30/5/2008	0	2,7	49	31,4	19,0	26,3
31/5/2008	0	1,4	51	32,3	15,1	26,8
1/6/2008	0	1,7	49	32,7	16,4	28,6
2/6/2008	0	2,5	53	29,4	20,5	18,4
3/6/2008	0	2,9	60	25,7	19,0	16,4
4/6/2008	0	1,8	54	28,3	15,6	26,4
5/6/2008	0	2,4	59	29,5	14,7	22,7
6/6/2008	0	2,7	46	29,1	17,6	23,9
7/6/2008	0	1,7	55	27,2	13,9	23,8
8/6/2008	0,8	1,8	69	27,4	14,2	22,2
9/6/2008	4,8	1,3	76	25,9	14,6	18,3
10/6/2008	0	1,1	68	28,2	12,9	23,8
11/6/2008	0	1,3	54	31,6	13,4	28,2
12/6/2008	0	1,7	51	32,5	16,5	27,0
13/6/2008	0	2,7	47	28,8	20,2	19,4
14/6/2008	0	2,5	52	30,1	15,6	26,5
15/6/2008	0	2,9	47	29,7	15,4	27,2
16/6/2008	0	1,6	46	32,0	15,3	28,2
17/6/2008	0	1,1	51	35,4	15,7	28,0
18/6/2008	0	1,6	43	37,7	18,8	26,1

19/6/2008	0	2,0	38	36,4	19,7	28,4
20/6/2008	0	2,1	47	32,4	19,1	23,7
21/6/2008	0	1,7	51	33,9	20,8	24,8
22/6/2008	0	1,9	50	33,5	20,0	25,7
23/6/2008	0	2,0	50	33,9	18,8	26,9
24/6/2008	0	1,5	47	35,7	18,5	26,9
25/6/2008	0	1,8	48	37,0	19,6	26,7
26/6/2008	0	1,7	50	35,5	19,4	24,3
27/6/2008	0	1,6	51	35,2	19,8	25,7
28/6/2008	0	1,1	50	34,7	19,9	25,0
29/6/2008	0	1,6	57	34,6	20,7	26,0
30/6/2008	0	2,0	53	34,2	21,7	26,7
1/7/2008	0	1,7	47	33,5	19,9	24,3
2/7/2008	0	0,9	56	33,9	19,8	20,6
3/7/2008	0	1,8	62	34,2	19,3	22,8
4/7/2008	0	1,8	59	36,1	19,5	27,7
5/7/2008	0	1,0	57	36,4	18,9	27,4
6/7/2008	0	1,9	48	35,4	20,9	27,3
7/7/2008	0	1,6	53	35,4	19,5	27,2
8/7/2008	0	1,3	50	38,4	19,7	26,4
9/7/2008	0	2,6	39	36,6	22,3	27,7
10/7/2008	0	1,8	43	32,8	19,5	26,8
11/7/2008	0	1,6	52	33,2	17,4	27,3
12/7/2008	0	1,6	55	32,9	18,6	26,9
13/7/2008	0	1,6	49	33,9	17,4	27,1
14/7/2008	0	1,3	46	37,3	18,3	25,9
15/7/2008	0	2,0	49	37,6	19,2	25,6
16/7/2008	0	2,7	40	31,0	19,2	27,4
17/7/2008	0	1,5	50	31,3	14,2	27,2
18/7/2008	0	1,6	49	35,9	16,4	26,4
19/7/2008	0	1,6	51	35,1	18,4	25,5
20/7/2008	0	1,7	51	35,1	19,8	25,6
21/7/2008	0	1,3	51	36,9	20,2	25,7
22/7/2008	1	1,5	54	37,0	20,5	23,3
23/7/2008	0	2,5	51	31,6	19,3	28,0
24/7/2008	0	2,5	51	27,1	14,7	27,3
25/7/2008	0	2,2	55	28,8	15,2	23,0
26/7/2008	0	2,2	50	32,2	16,3	22,2
27/7/2008	1,6	1,3	63	33,8	16,9	24,7
28/7/2008	0	1,3	75	29,7	18,7	24,9
29/7/2008	0	0,9	68	30,7	17,2	22,7
30/7/2008	0	1,0	60	32,3	16,7	24,1
31/7/2008	0	1,7	55	31,8	18,2	26,3
1/8/2008	0	1,7	54	31,9	15,8	26,8
2/8/2008	0	1,4	54	30,5	15,5	26,5
3/8/2008	0	1,0	57	31,0	15,3	25,9
4/8/2008	0	1,2	55	32,1	15,8	26,2
5/8/2008	0	0,6	52	35,3	16,2	26,2
6/8/2008	0	0,9	52	36,0	17,5	25,9
7/8/2008	0	2,3	53	33,3	21,8	23,8
8/8/2008	0	1,5	56	33,8	18,6	25,3
9/8/2008	0	1,1	56	36,0	19,1	25,2
10/8/2008	43,8	1,6	78	32,0	19,6	15,9
11/8/2008	0,2	0,8	77	29,5	17,2	24,8

12/8/2008	0	1,0	68	32,2	16,6	26,1
13/8/2008	0	0,8	67	34,3	17,8	25,6
14/8/2008	0	1,3	60	35,4	18,9	24,9
15/8/2008	0	1,0	56	36,3	18,3	24,2
16/8/2008	0	1,0	54	38,1	17,4	24,0
17/8/2008	0	1,2	46	37,9	20,3	26,2
18/8/2008	0	1,3	49	36,2	19,2	25,3
19/8/2008	0	1,4	55	34,5	19,8	24,1
20/8/2008	0	1,2	61	34,4	19,0	24,1
21/8/2008	0	1,0	57	35,0	18,3	23,8
22/8/2008	0	1,2	53	35,4	18,0	23,6
23/8/2008	0	1,0	53	35,5	17,5	23,9
24/8/2008	0	1,1	50	38,9	18,4	24,1
25/8/2008	0	2,0	40	35,2	17,5	24,3
26/8/2008	0	1,8	63	34,2	19,1	21,9
27/8/2008	0	1,9	57	33,6	19,6	22,8
28/8/2008	0	1,8	52	32,6	16,7	23,4
29/8/2008	0	1,3	53	34,2	15,7	23,7
30/8/2008	0	1,2	62	30,4	17,7	15,0
31/8/2008	1,2	1,6	77	25,5	18,6	12,9
1/9/2008	0	1,4	73	28,8	14,4	19,9
2/9/2008	0	1,5	63	31,1	14,7	22,7
3/9/2008	0	1,2	62	31,5	15,8	20,0
4/9/2008	0	1,5	61	33,6	16,5	22,5
5/9/2008	0	1,5	54	36,0	17,6	22,7
6/9/2008	0	1,2	49	36,4	17,2	22,4
7/9/2008	0	1,4	51	36,7	17,1	22,3
8/9/2008	0	1,2	49	35,6	17,0	20,7
9/9/2008	0	2,0	50	35,5	18,0	19,7
10/9/2008	0	1,7	51	33,4	18,2	21,0
11/9/2008	0	1,4	56	33,0	16,6	21,1
12/9/2008	0	0,8	56	36,4	17,2	18,4
13/9/2008	0	1,5	49	36,7	18,6	15,5
14/9/2008	0	1,8	45	36,6	18,8	17,9
15/9/2008	0	2,0	76	26,8	17,4	4,6
16/9/2008	0	1,6	79	29,9	14,6	12,4
17/9/2008	0	1,9	66	27,1	14,5	17,1
18/9/2008	0	1,5	53	25,9	10,4	20,5
19/9/2008	0	1,5	53	23,1	7,4	17,6
20/9/2008	12,4	2,2	79	16,6	11,4	3,0
21/9/2008	1,8	0,4	85	17,1	11,7	8,0
22/9/2008	0	0,6	84	20,0	13,3	11,7
23/9/2008	0	1,0	75	24,1	10,0	19,2
24/9/2008	12,2	1,2	81	20,6	14,6	7,5
25/9/2008	41,4	1,4	99	15,7	14,6	1,2
26/9/2008	0,8	1,3	82	24,2	15,5	17,9
27/9/2008	4	2,5	91	18,6	13,7	8,3
28/9/2008	23,8	1,4	99	15,3	13,0	2,6
29/9/2008	0,4	0,8	86	19,6	11,7	12,4
30/9/2008	0	0,8	77	23,3	8,4	18,5

B) Στατιστική Ανάλυση (GENSTAT)

GenStat Release 7.1 (PC/Windows)
14:26:47

25 May 2009

Copyright 2003, Lawes Agricultural Trust (Rothamsted Experimental Station)

GenStat Seventh Edition

GenStat Procedure Library Release PL15

```
1 %CD 'C:/Users/sarchont/Documents'
2 "Data taken from File: \
-3 C:/Users/sarchont/Desktop/Anova sunflower 2008 data.xls"
4 DELETE [Redefine=yes] _stitle_: TEXT _stitle_
5 READ [print=*;SETNVALUES=yes] _stitle_
9 PRINT [IPrint=*] _stitle_; Just=Left
```

Data imported from Excel file: C:\Users\sarchont\Desktop\Anova
sunflower 2008

data.xls

on: 25-May-2009 14:27:06

taken from sheet ""anova"", cells A2:AE25

"Split-Plot Design."

BLOCK B/I/F

TREATMENTS I*F

COVARIATE "No Covariate"

ANOVA [PRINT=aovtable,information,effects,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff.

***** Analysis of variance *****

Variate: Dry Weight 4

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
B stratum	3	4.7136	1.5712	1.48	
B.I stratum					
I	1	27.3047	27.3047	25.64	0.015
Residual	3	3.1953	1.0651	1.28	
B.I.F stratum					
F	2	3.2323	1.6162	1.94	0.186
I.F	2	0.8408	0.4204	0.51	0.616
Residual	12	9.9854	0.8321		
Total	23	49.2720			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

B 3	I 2	F 1	1.39	s.e. 0.65
B 3	I 2	F 2	-1.55	s.e. 0.65

***** Tables of means *****

Variate: DW_4

Grand mean 4.32

I	1	2		
	3.25	5.39		
F	1	2	3	
	3.88	4.29	4.78	
I	F	1	2	3
1		2.83	2.99	3.93
2		4.93	5.60	5.63

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
e.s.e.	0.298	0.323	0.477
d.f.	3	12	12.23

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.456
d.f.	12

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
s.e.d.	0.421	0.456	0.674
d.f.	3	12	12.23

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.645
d.f.	12

*** Least significant differences of means (5% level)

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
l.s.d.	1.341	0.994	1.466
d.f.	3	12	12.23

Except when comparing means with the same level(s) of

I	1.405
d.f.	12

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: DW_4

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
B	3	0.512	11.8
B.I	3	0.596	13.8
B.I.F	12	0.912	21.1

***** Analysis of variance *****

Variate: Fresh Weight 4

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
B stratum	3	168.84	56.28	0.42	
B.I stratum					
I	1	2904.00	2904.00	21.85	0.018
Residual	3	398.79	132.93	2.73	
B.I.F stratum					
F	2	225.21	112.61	2.31	0.141
I.F	2	9.27	4.64	0.10	0.910
Residual	12	583.84	48.65		
Total	23	4289.95			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

B 3 I 2 F 2 -13.1 s.e. 4.9

***** Tables of means *****

Variate: FW_4

Grand mean 32.1

I	1	2		
	21.1	43.1		
F	1	2	3	
	28.6	31.6	36.1	
I	F	1	2	3
	1	18.5	19.9	25.0
	2	38.8	43.3	47.2

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
e.s.e.	3.33	2.47	4.38
d.f.	3	12	7.94

Except when comparing means with the same level(s) of

I	3.49
d.f.	12

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
s.e.d.	4.71	3.49	6.19
d.f.	3	12	7.94

Except when comparing means with the same level(s) of

I	4.93
---	------

d.f. 12

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
l.s.d.	14.98	7.60	14.30
d.f.	3	12	7.94

Except when comparing means with the same level(s) of

I 10.75
d.f. 12

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: FW_4

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
B	3	3.06	9.5
B.I	3	6.66	20.7
B.I.F	12	6.98	21.7

***** Analysis of variance *****

Variate: Height 4

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
B stratum	3	349.1	116.4	0.54	
B.I stratum					
I	1	9480.4	9480.4	43.66	0.007
Residual	3	651.5	217.2	1.30	
B.I.F stratum					

F	2	334.1	167.0	1.00	0.396
I.F	2	25.7	12.9	0.08	0.926
Residual	12	2002.2	166.8		
Total	23	12843.0			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

B 3 I 2 F 1 20.7 s.e. 9.1

***** Tables of means *****

Variate: H_4

Grand mean 125.0

I	1	2		
	105.1	144.8		
F	1	2	3	
	120.0	125.9	129.0	
I	F	1	2	3
1		101.5	105.8	108.0
2		138.5	146.0	150.0

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
e.s.e.	4.25	4.57	6.78
d.f.	3	12	12.14

Except when comparing means with the same level(s) of

I	6.46
d.f.	12

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
s.e.d.	6.02	6.46	9.58
d.f.	3	12	12.14

Except when comparing means with the same level(s) of

I	9.13
d.f.	12

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
l.s.d.	19.15	14.07	20.85
d.f.	3	12	12.14

Except when comparing means with the same level(s) of

I	19.90
d.f.	12

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: H_4

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
B	3	4.40	3.5
B.I	3	8.51	6.8
B.I.F	12	12.92	10.3

***** Analysis of variance *****

Variate: LAI 6

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
B stratum	3	0.09744	0.03248	0.46	
B.I stratum					
I	1	1.25139	1.25139	17.71	0.025
Residual	3	0.21197	0.07066	2.90	
B.I.F stratum					
F	2	0.13506	0.06753	2.77	0.103
I.F	2	0.16798	0.08399	3.44	0.066
Residual	12	0.29285	0.02440		
Total	23	2.15669			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

B 2	I 2	F 1	0.258	s.e. 0.110
B 3	I 2	F 1	-0.234	s.e. 0.110
B 3	I 2	F 3	0.258	s.e. 0.110

***** Tables of means *****

Variate: LAI_6

Grand mean 0.275

I	1	2
---	---	---

	0.047	0.504		
F	1	2	3	
	0.173	0.303	0.350	
I	F	1	2	3
1		0.053	0.061	0.027
2		0.292	0.546	0.673

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
e.s.e.	0.0767	0.0552	0.0998
d.f.	3	12	7.66

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.0781
d.f.	12

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
s.e.d.	0.1085	0.0781	0.1411
d.f.	3	12	7.66

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.1105
d.f.	12

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
l.s.d.	0.3454	0.1702	0.3279
d.f.	3	12	7.66

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.2407
d.f.	12

**** Stratum standard errors and coefficients of variation ****

Variate: LAI_6

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
B	3	0.0736	26.7
B.I	3	0.1535	55.8
B.I.F	12	0.1562	56.8

***** Analysis of variance *****

Variate: SLA 5

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
B stratum	3	3.910	1.303	0.65	
B.I stratum					
I	1	23.536	23.536	11.80	0.041
Residual	3	5.986	1.995	1.87	
B.I.F stratum					
F	2	0.181	0.090	0.08	0.919
I.F	2	1.233	0.617	0.58	0.577
Residual	12	12.834	1.069		

Total 23 47.680

* MESSAGE: the following units have large residuals.

B 3 I 1 F 1 1.79 s.e. 0.73

***** Tables of means *****

Variate: SLA_5

Grand mean 11.83

I	1	2		
	10.84	12.82		
F	1	2	3	
	11.82	11.73	11.94	
I	F	1	2	3
1		11.09	10.44	10.99
2		12.55	13.01	12.90

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
e.s.e.	0.408	0.366	0.587
d.f.	3	12	10

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.517
d.f.	12

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
-------	---	---	---

			F
rep.	12	8	4
s.e.d.	0.577	0.517	0.830
d.f.	3	12	10

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.731
d.f.	12

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
l.s.d.	1.835	1.127	1.849
d.f.	3	12	10

Except when comparing means with the same level(s) of

I	1.593
d.f.	12

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: SLA_5

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
B	3	0.466	3.9
B.I	3	0.816	6.9
B.I.F	12	1.034	8.7

***** Analysis of variance *****

Variate: head 5

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
B stratum	3	1.0213	0.3404	0.74	
B.I stratum					
I	1	39.4215	39.4215	85.70	0.003
Residual	3	1.3799	0.4600	1.72	
B.I.F stratum					
F	2	1.2541	0.6270	2.35	0.138
I.F	2	0.4251	0.2126	0.80	0.473
Residual	12	3.2012	0.2668		
Total	23	46.7031			

***** Tables of means *****

Variate: head_5

Grand mean 3.50

I	1	2		
	2.22	4.79		
F	1	2	3	
	3.18	3.65	3.68	
I	F	1	2	3
1		2.09	2.27	2.31
2		4.28	5.03	5.05

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
e.s.e.	0.196	0.183	0.288
d.f.	3	12	10.47

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.258
d.f.	12

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
s.e.d.	0.277	0.258	0.407
d.f.	3	12	10.47

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.365
d.f.	12

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
			F
rep.	12	8	4
l.s.d.	0.881	0.563	0.901
d.f.	3	12	10.47

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.796
d.f.	12

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: head_5

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
B	3	0.238	6.8
B.I	3	0.392	11.2
B.I.F	12	0.516	14.7

Γ) Φωτογραφικό υλικό



17-6-08 sunflower plants



2-7-08 dry plants



13-7-08 dry plants



13-7-08 irrigated plants



14-7-08 flowering



15-7-08 sunscan measurements under difusse light



31-7-08, left irrigate, right dry plants



19-8-08 irrigated left, dry right



ΛΗΞΗ	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΑΝΕΙΖΟΜΕΝΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Τηλ.: 24210 ~~74760-61~~ 93141



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000105337